T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PAMUK YAĞI METİL ESTERİNİN YAKIT OLARAK BİR DİZEL TAŞITINDA KULLANIMI VE TAŞIT PERFORMANSINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Halil ER

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
Konya, 2009

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PAMUK YAĞI METİL ESTERİNİN YAKIT OLARAK BİR DİZEL TAŞITINDA KULLANIMI VE TAŞIT PERFORMANSINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Halil ER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

KONYA , 2009

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PAMUK YAĞI METİL ESTERİNİN YAKIT OLARAK BİR DİZEL TAŞITINDA KULLANIMI VE TAŞIT PERFORMANSINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Halil ER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Bu tez 27/ 02 /2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof .Dr. Mustafa ACAROĞLU
Üye

Yrd.Doç.Dr. Ali KAHRAMAN
(Danışman)

Yrd.Doç.Dr. Ali ATEŞ
Üye

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PAMUK YAĞI METİL ESTERİNİN YAKIT OLARAK BİR DİZEL TAŞITINDA KULLANIMI VE TAŞIT PERFORMANSINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Halil ER

Selçuk Üniversitesi
Yüksek Lisans Tezi
Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç.Dr. Ali KAHRAMAN
2009, … Sayfa

Jüri:

Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU

Yrd.Doç.Dr. Ali ATEŞ

Yrd.Doç. Dr. Ali KAHRAMAN

Petrol tüketiminin önemli bir bölümü ulaşımda ve tarımda olmaktadır. Ülkemizdeki petrol üretimi sıfıra yakın olduğundan ihtiyaca cevap verememektedir. Ulaşımda ve tarımda kullanılan taşıtlarda tüketilen petrol kökenli yakıtlar yerine geçebilecek alternatif yakıtların bulunması, bilimsel ve ekonomik açıdan önemli olacaktır. Olası bir petrol krizinde, özellikle ekim ve hasat gibi mevsime bağlı olması gereken tarımsal aktivitenin aksamaması ve petrol açığımızın bir miktar azaltılması için dizel taşıtlarda kullanılan motorine alternatif bir yakıtın belirlenmesi çok önemlidir.

Bu çalışmada, yeni nesil yakıt enjeksiyon sistemine sahip (common-rail) bir dizel taşıtında alternatif yakıt olarak ham pamuk yağı ve pamuk yağı metil esteri kullanılarak taşıt performansı üzerine etkisi deneysel olarak incelenecektir. Pamuk yağı metil esteri ile eurodizel % 2, 5, 10, 20 ve 100 olmak üzere farklı oranlarda karıştırılarak taşıt performansı üzerine etkileri araştırılacaktır. Taşıt performansını

belirmek amacıyla taşıtı farklı vites durumlarında ve farklı devirlerde çalıştırılarak tekerlek gücü ve yakıt tüketimi ölçülerek tekerlek tahrik kuvveti hesaplanacaktır.

Deneylerden önce taşıt, referans dizel yakıt ile test edilmiş ve elde edilen sonuçlar taşıtın alternatif yakıt deneylerinde referans oluşturmuştur. Her yakıt karışımı ile yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar referans karakteristiklerle karşılaştırılmış ve sonuçlar grafiklerle sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Pamuk Yağı Metil Esteri, Alternatif Yakıtlar, Biyodizel, Dizel Motoru.

ABSTRACT

Master Thesis

AN INVESTIGATION OF USING OF COTTONSEED METHLY ESTER AS A FUEL IN DIESEL VEHICLES AND EFFECT ON ENGINE PERFORMANCE

Halil ER

Selçuk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Education

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ali KAHRAMAN
2009, ... Pages

Jury:
Prof.Dr. Mustafa ACAROĞLU
Assist. Prof.Dr.Ali ATEŞ
Assist. Prof. Dr. Ali KAHRAMAN

A considerable amount of oil consumption is made in transportation and agriculture. Since oil production in our country is very near to zero, it cannot live up to the requirements. It will be scientifically and economically significant that alternative fuels be found in place of oil-based fuels consumed in vehicles used in transportation and agriculture. In a possible oil crisis, it is crucial that an alternative fuel instead of motorin used in diesel vehicles should be determined in order to reduce the oil deficiency to some extent and not to cease especially agricultural activities such as cultivation and harvest depending on the season.

In this study, the effect of using new generation fuel injection system (common-rail) in a diesel vehicle as an alternative fuel by using crude cotton oil and cotton oil methyl ester on the performance of vehicle will be experimentally examined.

By mixing cotton oil methyl ester and euro diesel in diverse proportions such as % 2, 5, 10, 20 and 100, the effects of this on the performance of vehicle will be searched. In order to establish the performance of vehicle, by running the vehicle in different clutch types and various rotations, Wheel moving power will be accounted through measuring Wheel power and fuel consumption.

Before the experiments, the vehicle has been tested by a reference diesel fuel and the results obtained have been a reference for the alternative experiments of the vehicle. Each fuel mixture and the results obtained from the experiments have been compared with reference characteristics and the results have been presented in the graphics.

Key Words: Cottonseed Oil Methyl Ester, Alternative Fuels, Biodiesel, Diesel Engine

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, yeni nesil yakıt enjeksiyon sistemine sahip (common-rail) bir dizel taşıtında alternatif yakıt olarak ham pamuk yağı ve pamuk yağı metil esteri kullanılarak taşıt performansı üzerine etkisi deneysel olarak incelenecektir. Pamuk yağı metil esteri ile eurodizel % 2, 5, 10, 20 ve 100 olmak üzere farklı oranlarda karıştırılarak taşıt performansı üzerine etkileri araştırılacaktır. Taşıt performansını belirmek amacıyla taşıtı farklı vites durumlarında ve farklı devirlerde çalıştırılarak tekerlek gücü ve yakıt tüketimi ölçülerek tekerlek tahrik kuvveti hesaplanacaktır.

Bu tez çalışmalarımda bana her türlü yardım ve desteklerini esirgemeyen danışmanım Yrd. Doç. Dr. Ali KAHRAMAN ve Ziraat Fakültesi'nin laboratuar imkanlarını ve kendi bilgilerini sunan yardımcı danışmanım Yrd. Doç. Dr. Hidayet OĞUZ'a ve deneylerde yardımını esirgemeyen Arş. Gör. İlker ÖRS ve Arş. Gör. Özgür SOLMAZ'a sonsuz şükranlarımı sunarım. Ayrıca bu çalışmanın tamamlanmasında katkıda bulunan kader arkadaşım Salih KOYUN'a ve maddi manevi desteğini esirgemeyen Üzümcü Yapı Malz. Ltd. Şti.'ne teşekkür ederim.

Bu tez çalışmam boyunca yardımını devamlı yanımda hissettiğim annem ve sevgili kardeşime de teşekkür ederim.

Halil ER
Konya, 2009

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET…… i
ABSTRACT…… iii
ÖNSÖZ…… v
İÇİNDEKİLER…… vi
SİMGELER…… vii
ŞEKİL LİSTESİ…….. viii
ÇİZELGE LİSTESİ……. x
1. GİRİŞ..... 1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI…….. 5
3. MATERYAL VE METOD…… 14
3.1.Materyal……... 14
3.1.1 Deney taşıtı…… 14
3.1.2. Taşıt dinamometresi ve kontrol paneli……. 15
3.1.3. Yakıt tüketimi ölçüm cihazı……. 16
3.1.4. Deney yakıtları…….. 17
3.2 Metot……. 19
3.2.1 Pamuk yağı metil esterinin elde edilmesi…….. 19
3.2.2. Tekerlek tahrik gücü …… 22
3.2.3. Tekerlek tahrik kuvveti……. 24
3.2.4. Yakıt tüketimi…… 24
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI……. 25
4.1. Tekerlek Tahrik Kuvveti…….. 27
4.2. Tekerlek Tahrik Gücü ……. 30
4.3. Yakıt Tüketimi……. 36
5. SONUÇ VE ÖNERİLER…… 38
6. KAYNAKLAR…… 39
EKLER…… 43

SİMGELER

Pw	Tekerlek Tahrik Gücü
Md	Döndürme Momenti (Tork)
Be	Yakıt Tüketimi
Fw	Tekerlek Tahrik Kuvveti
λ	Hava Fazlalık Katsayısı
n	Motor Devri
V	Hacim
ρ	Özgül Ağırlık
T	Sıcaklık
kW	Kilo watt
atm	Atmosfer Basıncı
Nm	Newton Metre
ºC	Santigrad Derece
m	Metre
CO_2	Karbondioksit
CO	Karbonmonoksit
HC	Hidrokarbon
O_2	Oksijen
NOx	Azotoksitler
d/d	Dakikadaki Devir Sayısı

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 3.1, Deney taşıtı……....15
Şekil 3.2, Taşıt dinamometresi kontrol paneli güç testi fonksiyonu örneği……..15
Şekil 3.3. Taşıt dinamometresi…….……..16
Şekil 3.4.a. Yakıt tüketimi ölçüm cihazı…….....16
Şekil 3.4.b. Yakıt tüketimi ölçüm cihazı dijital göstergesi……....17
Şekil 3.5. Biyodizel üretim tesisinin şematik görünüşü……....19
Şekil 3.6. Deney yakıtları……..…19
Şekil 3.7. Deney düzeneğinin şematik görünüşü……...22
Şekil 4.1. B0 Yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik kuvveti grafiği ……25
Şekil 4.2. B2 Yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik kuvveti grafiği…….25
Şekil 4.3. B5 Yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik kuvveti grafiği ……26
Şekil 4.4. B10 Yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik kuvveti grafiği ……26
Şekil 4.5. B20 Yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik kuvveti grafiği ……....27
Şekil 4.6. B100 Yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik kuvveti grafiği……27
Şekil 4.7. Değişik taşıt hızlarında 2. vites tekerlek tahrik kuvveti grafiği…….28
Şekil 4.8. Değişik taşıt hızlarında 3. vites tekerlek tahrik kuvveti grafiği…….29
Şekil 4.9. Değişik taşıt hızlarında 4. vites tekerlek tahrik kuvveti grafiği…….29
Şekil 4.10.B0 Yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik gücü grafiği…….…….31
Şekil 4.11.B2 Yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik gücü grafiği…….…….31

Şekil 4.12.B5 Yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik gücü grafiği…….32
Şekil 4.13.B10 Yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik gücü grafiği…….32
Şekil 4.14.B20 Yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik gücü grafiği…….33
Şekil 4.15.B100 Yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik gücü grafiği…….33
Şekil 4.16. Değişik taşıt hızlarında 2. vites tekerlek tahrik gücü grafiği …….34
Şekil 4.17. Değişik taşıt hızlarında 3. vites tekerlek tahrik gücü grafiği …….35
Şekil 4.18. Değişik taşıt hızlarında 4. vites tekerlek tahrik gücü grafiği …….35
Şekil 4.19. Değişik taşıt hızlarında 2. vites durumunda yakıt tüketimi grafiği….36
Şekil 4.20. Değişik taşıt hızlarında 3. vites durumunda yakıt tüketimi grafiği….37
Şekil 4.21. Değişik taşıt hızlarında 4. vites durumunda yakıt tüketimi grafiği….38

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 3.1, Deney taşıtının teknik özellikleri…….14

Çizelge 3.2 Deneyde kullanılan motorinin özellikleri…….18

Çizelge.3.2 Deney Yakıtının Özellikleri……..20

1. GİRİŞ

Günümüzde dünya, fosil yakıtların tüketimi ve çevre kirliliği gibi iki önemli kriz ile karşı karşıya bulunmaktadır. Fosil yakıtların rasgele çıkartılması ve savurgan şekilde kullanılması yeryüzü tabanlı petrol kaynaklarının azalmasına neden olmaktadır. Sürekli gelişen, çevreyi koruyan, verimli, enerji korunumu ile dikkat çeken alternatif kaynaklar için son yıllarda çok önemli araştırmalar bilim insanları tarafından yapılmaktadır. Biyo-kaynaklı yakıtlar dünya çapındaki petrol krizine uygulanabilir bir çözüm olarak sunulmaktadır. Bilim adamları ve araştırmacılar bugünün insanının artan enerji ihtiyacını gidermek için mümkün olan birkaç alternatif enerji kaynağı üzerine çalışmalar yapmaktadırlar. Keşfedilen farklı biyo-yakıt enerji kaynakları biyokütle, biyogaz (Murphy vd. 2005), birincil alkoller, bitkisel yağlar, biyodizel v.b. içermektedir. Bu alternatif enerji kaynakları genel olarak çevre dostu olmakla beraber, avantajları, dezavantajları, özel kullanım alanları için kapsamlı araştırmalar gerekmektedir. Bu yakıtların bazıları direkt olarak kullanılacağı gibi diğer bir kısmı bilinen yakıt özelliklerine sahip olabilmesi için bazı işlemlere ihtiyaç duymaktadır. Petrol kökenli yakıtlar farklı sektörlerde yaygın olarak kullanılmakla beraber, çoğunlukla içten yanmalı motorlarda kullanılmaktadır. Hâlihazırdaki enerji senaryoları zararlı emisyona sebebiyet vermeyen, yenilenebilir, petrol kaynaklı olmayan yakıtlarla ilgili çalışmaları teşvik etmektedir. Dünyadaki birincil enerji kaynakları ve işlenmemiş (ham) maddeler rezervlerinin sınırlı olduğu açıktır. Hesaplamalara göre, kömürün 218 yıllık, petrolün 41 yıllık ve doğal gazın 63 yıllık bir rezervi kaldığı bildirilmektedir (Kesse 2000, Goldemberg vd. 2001 ve Gilbert vd. 2005). Dünya nüfusundaki muazzam artış, teknoloji kullanımındaki ilerleme ve endüstrileşmiş ülkelerdeki yüksek hayat standardı enerjinin arz ve talebi konusunda bu grift duruma neden olmaktadır. Ham petrol fiyatları günlük bazda dalgalanmakta ve artmaktadır. Bu durum, petrol tekelliliğiyle mücadele eden Türkiye gibi farklı gelişmekte olan ülkelerde ticari olmayan biyo-enerji kaynaklarına olan ilgi için arkasında yatan ana neden olabilir.

Taşıma ve ziraat sektörü fosil yakıtların en büyük tüketicileri, çevresel kirlenmenin en büyük nedenleridir. Biyo kaynaklı yenilenebilir yakıtlar petrol

kökenli yakıtların yerine kullanılmaya başlandığı takdirde bir azalma meydana gelebilir. Biyoyakıtların potansiyel olarak elde edilmesinin yolları vardır. Fakat genel olarak düşünüldüğünde biyakıt olarak akla biyodiesel ve biyoetanol gelmektedir. Biyoetanol şekerpancarı, mısır, buğday ve şeker kamışından üretilmektedir. Avrupa etanolun iki temel kaynağı buğday ve şeker pancarıdır (Edwards vd. 2001). Biyodiesel ise doğrudan yenebilen ve yenilmeyen bitkisel yağlardan, kullanılmış bitkisel yağlardan ve hayvansal yağlardan üretilmektedir (Li 2004, Hamelinck vd. 2004, Demirbaş, 2000, Kinney vd. 2005). Avrupa taşıma sektöründe kullanılan diesel ve benzin yerine biyoyakıtların kullanımı teşvik etmek amacıyla kanunlar çıkarmaktadır (EU 2003). Avrupa Birliği ülkeleri 2005 yılı itibariyle diesel ve benzin içine %2 biyoyakıt ilave edilmesine, 2010 yılına kadar bu oranın %5.75 ulaşmasına karar vermişlerdir.

Biyodizel ismi ilk olarak 1992 yılında Amerika Ulusal SoyDizel Geliştirme Kuruluşu tarafından ifade edildi. Kimyasal olarak yenilenebilir yağ kaynağından türetilen uzun zincirli yağlı asitlerin mono alkol esterleri olarak tanımlanır. Yani biyolojik kaynaklardan elde edilen ester tabanlı bir tür oksijenli yakıttır ve sıkıştırmalı (dizel) motorlarda kullanılabilir (Conneman vd. 2000).

1991 yılı içinde Almanya DIN E 51606 standardının düzenlenmesi için bir çalışma yapılmış ve Fransa, İtalya, İsveç ulusal standart normları belirlemiştir. Avrupa standardına paralel olarak ABD biyodizel standardını American Society for Testing and Materials kuruluşu ASTM D 6751–02 kodu altında tamamlamıştır. Ülkemizde ise TBMM Tarafından 4/12/2003 tarihinde 5015 sayılı kanun ile çıkartılan Petrol Piyasası Kanununda ve Resmi Gazetenin 10/09/2004 tarih ve 25579 sayılı nüshasında yayınlanan ‘Petrol Piyasasında Uygulanacak Teknik Kriterler Hakkında’ yönetmelikte ve TS EN 14214 ve TS EN 14213 standartlarında “BİYODİZEL” ifadesi yer aldığı ve yaygınlık kazandığı için, bu çalışmada BİYODİZEL kavramı tercih edilmiştir (Öğüt vd. 2006, Atakan 2006).

80’li yıllardan sonra, otomotiv sektörü yeni enerji kaynaklarından yararlanılmasına yönelik çalışmalara daha fazla ağırlık vermeye başlamış, benzin ve motorin üretimine yönelik alternatif biyokütle enerji çalışması hızlanmıştır. Biyokütle çıkışlı en önemli motorin alternatifi bitkisel yağlardır. Bitkisel yağların motorin alternatifi olarak kullanılma fikri 1900 yılına denk uzanmaktadır. Rudolf

Diesel kendi ismiyle anılan motorlarda, yer fıstığı yağı denemiş ancak petrolün bol ve ucuz olması nedeniyle uygulamaları sürdürememiştir. Petrol krizleri ardından, bitkisel yağların yakıt alternatifi olarak kullanılması tekrar ön plana çıkmıştır. Araştırmalar sonucunda bitkisel yağların dizel motorunda saf halinde kullanılabileceği, fakat saf halinin motorda bazı problemler ortaya çıkardığından dolayı motorda bazı modifikasyonlar olması gerektiği belirlenmiş, bunun da maliyetinin çok yüksek olması araştırmacıları yakıt özelliklerini değiştirmeye itmiştir. Bu sorunların çözümü için dört ayrı modifikasyon tekniği önerilmektedir. Bu teknikler, seyreltme, mikro emülsiyon oluşturma, piroliz ve transesterifikasyondur (esterleştirme). Yakıt özelliklerini iyileştirmek için yapılan araştırmalarda en önemli yol olarak esterleştirme yöntemi ön plana çıkmaktadır. Çünkü motorda hiçbir modifikasyona gerek duyulmadan kullanılabilmektedir. Bu yöntemle elde edilen dizel yakıtı biyodizel olarak adlandırılmaktadır (Ertekin 1995, Vermeersch 2000).

Biyodizel, bitkisel yağlı tohumlardan (kanola, keten, pamuk, soya fasulyesi, yer fıstığı, kolza, hindistan cevizi ve palmiye bitkilerinden), kullanılmış atık kızartma yağlarından, hayvansal yağlardan ve her türlü biyolojik kökenli yağlardan bir katalizör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyonu sonucunda oluşan ve yakıt olarak kullanılan yağ asidi metil esterlerdir (Altınsoy 2006).

Biyodizel, özellikle dizel motorlarda çok fazla modifikasyon yapılmadan kullanılabilme özelliğine sahiptir. Bu özelliğinden dolayı üzerinde çalışmaları sürdürülmekte ve dizel yakıtı alternatifi olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünya üzerinde farklı ülkeler, ürettikleri yağlardan genellikle üretimi en fazla olanını biyodizel üretiminde hammadde olarak değerlendirmektedir. Türkiye'de en fazla üretilen yağ bitkileri mısır, pamuk, ayçiçeği olarak ortaya çıkmaktadır. Bu yağ bitkileri arasında üretimi en fazla olan bitki ise pamuktur. Piyasada satılan yağlar arasında en ucuz olanı da pamuk yağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yönüyle pamuk, Türkiye'de biyodizel üretimi için önemli bir kaynak olarak görülebilmektedir (Ergen vd. 2005).

Bu çalışmada, dizel motorunda kullanılabilmek amacı ile rafine pamuk yağından biyodizel elde edilmiştir. Elde edilen biyodizel %2, 5, 10 ve 20 oranlarında

euro-diesel yakıtı ile karıştırılarak ve %100 biyodizel olarak dizel motoruna sahip bir araçta yakıt olarak kullanılmış ve taşıt performansı ile saatlik yakıt tüketimi değerleri taşıt dinamometresinde hıza bağlı olarak ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları grafiksel olarak sunulmuş ve karşılaştırılarak sunulmuştur.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Dünyanın birçok yerinde araştırmacılar bitkisel yağ ve onlardan elde edilen biyodizeli içten yanmalı motorlarda (İYM) kullanarak motor performansı ve emisyonlar üzerine çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmaların birçoğu özellikle Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa, Hindistan ve Malezya'da yürütülmektedir. Yapılan bu çalışmaların bir kısmı aşağıda özetlemiştir.

Bilindiği gibi bitkisel yağ kullanan ilk araştırmacı dizel motorunu da keşfeden Dr. Rudolf Diesel'dir. Dr. Diesel çalışmasında %100 yer fıstığı yağını kullanarak motorunda denemiştir.

Blumberg ve Fort (1982), yaptıkları bir çalışmada turbo kompresörlü açık hücreli bir dizel motorunda dizel yakıtıyla, sekiz adet yakıt ve yakıt karışımını değerlendirmeye almışlar ve aşağıdaki sonuçları bulmuşlardır. Bu sekiz adet yakıt ve yakıt karışımı, hacimsel yüzde olarak; 30/70 pamuk yağı/dizel yakıtı, 50/50 pamuk yağı/dizel yakıtı, 65/35 pamuk yağı/dizel yakıtı, 80/20 pamuk yağı/dizel yakıtı, 50/50 pamuk yağı/pamuk metil esteri; 50/50 dizel yakıt/pamuk metil esteri ve %100 pamuk metil esteridir. Yaptıkları bu çalışmada dizel yakıtına alternatif olarak seçilen bu yakıtların deney motorunda uzun (200 saat) ve kısa süreli performans ve emisyon değerlerini ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada, pamuk yağıyla yapılan, kısa süreli performans ve emisyon testlerinde, petrol esaslı dizel yakıtına benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Güç, egzoz gaz sıcaklığı ve yakıt tüketimi gibi standartlar göz önüne alındığında, deney yakıtlarının tümü yeterli görülmekle birlikte, özellikle yağların yakıt olarak kullanıldığı deneylerde, karbon birikintileri, aşınma veya yakıt sistemindeki problemler nedeniyle uzun sureli uygulamalar için iyi sonuç alınamadığı belirtilmektedir. İyileştirici bir ilave sistem geliştirilmediği veya yakıt sistemine ısıtıcı bir aygıt eklenmediği takdirde, düşük sıcaklıklarda pratik olarak kullanılamadığı belirlenmiştir. Birikinti problemlerinin tamamı, bitkisel yağların esterleştirilmesi yoluyla yok edilemeyeceği ve ticari bir ürün olarak değerlendirilmeden önce bu yakıtların birikinti problemlerin çözülmesi gerektiği belirtilmektedir.

Pryor vd. (1983) küçük dizel motorlarında yakıt olarak soya yağı kullanılması üzerine araştırmalar yapmışlardır. Deneyde kullanılan soya yağı rafine edilmiş olup, ısıl değeri 30531 kJ/kg ve yoğunluğu 0.923 kg/l, viskozitesi 60°C sıcaklıkta dizel yakıtından (2 no'lu dizel yakıtı) 11 kez daha yüksektir. Test motoru, Ford 2600 tarım traktörü motorudur. Deneyde soya yağı kullanıldığında 2 no'lu dizel yakıtı dizel yakıtına göre efektif gücün, % 3 daha yüksek olduğu, yakıt tüketiminin ise artış olduğu, özgül yakıt tüketiminin % 13-14 daha yüksek olduğu belirtilmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere; soya yağının kısa süreli çalıştırmalarda alternatif yakıt olarak kullanılabileceği, uzun süreli kullanımlarda segmanların yapıştığı, enjektör memelerinde karbon birikintisi oluşabileceği görülmüştür. Test neticesinde enjektörde meydana gelen karbon birikintisinin 9 saat çalıştırma sonundaki soya yağı esterleri kullanıldığında bu birikinti miktarının daha az olduğu görülmüştür. Bitkisel yağların transesterifikasyon işlemine tabi tutularak ester elde edilmesindeki amaç yağın içerisinde bulunan gliserini ayırmak, yağın kaynama noktasını, yağın parlama noktasını, akma noktasını ve yağın viskozitesini düşürmektir.

Mazed (1984) yaptığı doktora çalışmasında, iki farklı yapıda püskürtme sistemine sahip dizel motorlarda bitkisel yakıt olarak fındık yağı, soya ve pamuk yağı kullanarak, kısa süreli ve uzun süreli motor performans deneylerini yapmıştır. Araştırmada 2 silindirli, hava soğutmalı biri direkt püskürtmeli, diğeri ise endirekt püskürtmeli (ön yanma odalı) dizel motorları seçilmiştir. Deney esnasında yakıt olarak 2 no'lu dizel yakıtı ile fındık yağı, soya ve pamuk yağı kullanılmıştır. Deney esnasında motorlarda 10 ayrı bitkisel yağ/dizel yakıt karışımı kullanılmıştır. Her 4 yakıtın (dizel, fındık yağı, soya ve pamuk yağı) direkt kullanılmakla birlikte dizel yakıtı ile hacimsel olarak %20 bitkisel yağ (BY)/ %80 dizel yakıt (D), 25/75 BY/D,75/25 BY/D ve %100 BY yakıt karışımları kullanılarak motor performans değerleri ve emisyon değerleri ölçümü gerçekleştirilmiştir. Yakıt dağıtım sistemi dizayn edilerek ilk çalışma dizel ve sonra BY olacak şekilde düzenlenmiştir. Deney ASAE standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Motorun ilk çalışmasına dizel yakıtı ile başlanarak motorun referans değerleri tespiti için ilk deney sonuçları not edilmiş, sonra bitkisel yağ/dizel yakıtı karışımları kullanılmıştır. Sonuç olarak, kısa süreli test esnasında karışım oranına bağlı olarak % 1-5 güç düşüşü olduğu, yakıt tüketiminde ise % 1-14 arası bir artış olduğu gözlenmiştir. Uzun süreli motor

testlerinde ise bitkisel yağların kullanımında; dizel yakıtına göre, yakıt tüketimi, enjektör performansı, yağlama yağındaki incelmeler, motor aşınması, karbon birikintisi ve benzeri değerlerin kabul edilebilir limitler içerisinde olduğu belirtilmektedir. Ön yanma odalı deney motorunun güç, yakıt tüketimi, termal verim dayanıklılık ve süreklilik performans değerleri bakımından düz yanma odalı motordan daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Deney sonucunda hacimsel olarak % 10-25 bitkisel yağı karışımının dizel motorlarında başarılı olarak uygulandığı belirtilmektedir.

Tadashi vd. (1984) doğal emişli direkt enjeksiyonlu dizel motorda kolza yağı ve palm yağının kullanılabilirliği üzerine bir çalışma yapmışlardır. Kısa zamanlı operasyonlar için bitkisel yağ yakıtların kabul edilebilir motor performans ve egzoz değerleri verdiğini belirtmişlerdir. Ancak, özellikle piston ringlerinde uzun süreli operasyonlarda karbon birikimlerine rastlandığı not etmişlerdir.

Hemmerlein vd. (1991) doğal emişli turbo şarjlı hava ve su soğutmalı motorda kolza yağı denemişlerdir. Fren gücü ve torkunda dizel yakıtına göre yaklaşık olarak %2'lik bir düşüş olduğunu tespit etmişlerdir. Açığa çıkan ısı enerjisinin her iki yakıt için birbirine yakın değerlerde olduğunu bulmuşlardır. Bunun yanında daha az mekanik gerilme ve daha düşük yanma gürültüsü gözlemişlerdir. CO ve HC emisyonları dizel yakıta göre daha yüksek olurken NOx ve partikül miktarlarında düşme olduğunu belirtmektedirler.

Peterson vd. (1991) yaptıkları araştırmada %100 kolza yağı, 2'nolu dizel yakıtı ve 50/50 oranında 2'nolu dizel yakıt/kolza yağı kullanarak motor tork ve güç çıkışlarının belirlemişlerdir. Test süresi 1000 saat olup 100'üncü, 500'inci ve 1000'inci saatlerde test değerleri belirlenmiştir. ilk 100'üncü saate elde edilen tork ve güç değerlerinde yalnız dizel yakıtı kullanıldığında tork ve güç değerlerinin yüksek olduğu, 500'üncü saatte ise yalnız kolza yağ esteri değerlerinin yüksek olduğu, 1000'inci saatte ise dizel yakıtı kullanıldığında motor tork ve güç değerleri yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Rakopolulos (1992) yaptığı bir araştırmada, 4 zamanlı, direkt enjeksiyonlu dizel motorları, endirekt enjeksiyonlu dizel, türbülanslı yanma odalı dizel motorlarında 25% -%75 ve %50-%50 atık zeytinyağı ve ticari dizel yakıtı kullanılmıştır. Bu

karışımın (dizel+zeytinyağı) etkisi; yakıt tüketimi, azami basınç, egzoz sıcaklığı, egzoz duman yoğunluğu ve NOx, HC ve CO gibi egzoz gazı emisyonları açılarından incelemiştir. Her bir motorun temel çalışması açısından ölçülen performans ve egzoz emisyon parametrelerindeki farklılık belirlenmiş ve karşılaştırmıştır. Çalışmalarında, bu karışımlar kullanıldığında, düz yanma odalı (DI) ve ön yanma odalı (IDI) motorların her ikisi için de özgül yakıt tüketiminde küçük bir fazlalık gösterdiği, egzoz dumanında hafif bir artış olduğu, özellikle de değişmeyen maksimum basınç ve egzoz sıcaklığı gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca bu karışımlar kullanıldığında IDI ve DI motorların her ikisi için de NOx emisyonlarından hafif bir azalma olduğu, hidrokarbonlarda çoğalma görülmediği, CO emisyonlarından önemli bir çoğalma olmadığı belirlenmiştir.

Scholl ve Spencer (1992) yaptıkları çalışmada bitkisel yağların metil esterinin kullanımını, dizel motorları için alternatif yakıt olarak önermişlerdir. Yaptıkları çalışmanın amacı, soya yağı metil esterlerin yanmasını direkt püskürtmeli dizel motorlarda araştırmak ve bunu geleneksel dizel yakıtı ile karşılaştırmaktır. Bu çalışmada, performansın, emisyonun ve ısı kaybı yüzdesinin deneysel ölçümleri yapılmış ve değişik enjeksiyon zamanlaması ile değişik meme delik çaplarını içeren enjeksiyonun motor performansına etkileri araştırılmıştır. Performans ve ısı kaybı oranı açılarından soya yağı metil esterin genelde dizel yakıtı ile kıyaslanabilecek bir etki gösterdiği gözlenmiştir. Metil ester yakıtı, en iyi işletme şartlarında dizel yakıtından daha düşük HC emisyonu ve duman koyuluğu vermektedir. CO emisyonlarının sonuçlan ise değişmektedir. NO/NOx emisyonları silindir basınç değişimi ile yakından ilgilidir. Enjeksiyon memesi çapını değiştirmek, dizel yakıt kullanırken motorun performansı üzerinde metil ester yakıtından daha az etki oluşturmaktadır. Küçük enjeksiyon meme çapı daha yüksek silindir basıncı ve yüksek basınç artış oranı, daha yüksek NO/NOx emisyonu ve her iki yakıt için de daha büyük miktarda ön yanma sağlamıştır. Enjeksiyon zamanlamasında değişiklik, her iki yakıt için de performans ve emisyon üzerinde çok büyük etki yapmıştır. Her iki yakıt için de, emisyonların, performansın ve ısı kayıp oranının olağan eğilimleri gözlenmiştir.

Czerwinski (1994) direkt enjeksiyonlu dizel motorda %30 etanol ve %15 kolza yağı ile karıştırılmış dizel yakıtını kullanarak motor performans ve emisyon

karakteristiklerini araştırmıştır. Emisyonlarda fazla bir değişim olmamakla beraber güçte yaklaşık %15 bir azalma söz konusudur.

Çetinkaya, (1994) yaptığı araştırmada, enjeksiyon öncesinde ısıtılan ve enjeksiyon basıncı arttırılan ayçiçek yağı ve ayçiçek yağı/dizel yakıtı karışımlarının türbülans odalı bir dizel motorunun performansına etkilerini incelemiştir. Deney sonuçları, ayçiçek yağının ve ayçiçek/dizel yakıtı karışımlarının performans açısından dizel motor yakıtı olarak kullanılabileceğini ancak, ayçiçek yağının viskozitesinin yüksek oluşu, zamanla kuruma ve düşük sıcaklıklarda katılaşma eğilimi nedeniyle, çözümlenmesi gereken akış ve atomizasyon gibi problemleri bulunduğunu belirtmiştir.

Holh (1995) kolza yağı metil esteri ve kullanılmış yemek yağı kullanarak motor performansı, emisyon, yağ değiştirme aralığı, motorda aşınma ve vuruntu karakteristiklerini dizel yakıtı ile karşılaştırarak araştırma yapmıştır. Kullanılmış yemek yağı ve etil ester kullanıldığı takdirde egzoz emisyonlarının dizel göre daha düşük olduğunu görmüştür.

Montague (1996) dizel motorunda kolza yağı kullanarak deneyler yapmıştır. Başlangıçta dizel yakıtına %5 kolza yağı metil esteri ilave ederek hacimsel (volümetrik) verimde yaklaşık %0.4 oranında bir azalma olduğunu tespit etmiştir. Montague (1996) dizel taşıtıyla 71,500 km yol yapılmasına rağmen anormal bir durum ile karşılaşmadığını not etmektedir. NOx'de artma ve HC'da azalmanın olduğunu belirtmektedir. Soğuk çalışma sırasında duman seviyesi ve seste de bir artışın olduğunu söylemektedir.

Choi (1997) tek silindirli tek ve çok noktalı enjeksiyon durumlarında bir dizel motorun biyodizel/dizel karışımını hacimsel olarak %20 ve %40 oranında denemiştir. Tek noktalı enjeksiyon durumunda, yüksek yüklerde partikül ve CO emisyonlarının azaldığını, NOx emisyonunda az da olsa artış olduğunu görmüşlerdir. Fakat çok noktalı enjeksiyon durumunda partikül emisyonunda yine bir azalma olurken, NOx emisyonunda kayda değer bir değişimin olmadığını belirtmişlerdir.

Jose vd. (1999) yakıt olarak standart gaz yağı, kolza yağı metil esteri ve bu yakıtların karışımlarını kullanarak bir karşılaştırma yapmışlardır. Bir optik sıkıştırılmış oda kullanarak enjeksiyon oranı ve sprey karakteristiklerini incelemişlerdir. Kolza metil esterinin gaz yağı yerine kullanıldığı zaman enjeksiyon

oranında sprey karakteristiklerinde kayda değer bir değişim olmadığını gözlemişlerdir. Sadece damla boyutunda bir artış olduğunu belirmişler bununda yüksek viskoziteden kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Kolza yağı metil esterinin düşük hava yakıt oranına sahip ve buharlaşma oranın az olduğunu dile getirmişlerdir.

Senatore (2000) turbo şarjlı direkt enjeksiyonlu bir motorda kolza yağı metil esteri ile dizel yakıtını karıştırarak kullanmış ve motor performansı ve emisyonları üzerine analizler yapmıştır. Eşit oranlarda bir karşılaştırma yapıldığında motor performansında kayda değer bir değişim olmamakla beraber yük artırıldığı zaman CO ve partikül madde emisyonlarında ani bir değişim olduğunu tespit etmişlerdir. Kısmı yüklerde dizel yakıt ile karşılaştırıldığı zaman NOx konsantrasyonunda %20'lik bir artışı bildirmektedirler. Biyodizel kullanıldığı durumda üst ölü noktaya gelindiğinde elde edilen ısı enerjisi oranında bir ilerleme görüldüğünü ifade etmektedirler.

Vita ve Alaggio (2000), bu çalışmada; 4 silindirli, türbo şarjlı, ön yanma odalı bir dizel motoru kullanılmıştır. Deneylerde yakıt olarak düşük sülfürlü ticari dizelyakıtı, saf ve %5, %33 (B5, B33) oranlarında karıştırılmış biyodizel kullanılmıştır. Denemeler B5, B33 ve ticari dizel yakıtıyla elde edilen performans değerlerinin kıyaslanması motorun değişik devirleri için tam yükte gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, değişik biyodizel oranlarında yapılan denemelerde giriş gücü ve fren gücünde bir değişiklik olmamıştır. Biyodizelin % 5-33 oranlarında karıştırılan yakıtın giriş gücü, fren gücü ve torkta dizel yakıtına oranla önemli bir değişikliğe sebep olmamıştır. Özgül yakıt tüketiminde ise % 33 oranındaki biyodizel karışımındaki denemelerde artış göstermiştir.

Altın vd. (2001) yaptıkları çalışmada farklı yakıtlarla yapılmış olan deneylerden elde edilen tork değerlerini karşılaştırabilmek için, dizel yakıtıyla elde edilmiş tork değerini referans almışlar ve %100 olarak alarak farklı yağlar ve metil esteri için tork değerleri dizel yakıtı için elde edilmiş tork değerleri ile karşılaştırmışlardır. Buna göre ham ayçiçek yağı, ham soya yağı ve haşhaş yağı için motor tork değerlerinde referans değerine göre yaklaşık %10'luk bir düşüş olmuştur. En az fark ise rafine edilmiş mısır yağı ve kolza tohum yağı için görülmüştür. Bu fark ortalama %3 seviyelerindedir. Dizel için motordan aldıkları maksimum güç, 1700 d/dk'da 7.45 kW dır. Farklı yakıtlarla yapılmış olan deneylerde elde edilen güç değerleri ile

karşılaştırabilmek için dizele yakıtı ile elde edilen güç değeri %100 olarak referans almışlardır. Buna göre en fazla fark ham pamuk tohum yağında ve ham soya yağında %18 lik bir düşüş olmuştur. En az fark ise kolza tohum yağında görülmüştür. Bu fark yaklaşık %3 seviyelerindedir. Bu sonuçlar, yüksek viskoziteden ve düşük ısıl değerlerinden olabilmektedir. Özgül yakıt tüketimi bir motorun önemli parametrelerinden biridir. Bu çalışmada dizel yakıtı için motordan aldıkları maksimum torkta 1300 d/dk ve minimum özgül yakıt tüketimi 245 g/kwh dir. Aynı şartlarda ham ayçiçek yağı için 290 g/kwh ve haşhaş yağı için 289 g/kwh olarak en yüksek değerleri vermektedir. Dizel yakıtına en yakın değeri 250 g/kwh ile ayçiçek yağı metil esteri ve mısır yağı ve 260 g/kwh ile soya yağı metil esteri verdiği belirmişlerdir. Genellikle metil esterlerin özgül yakıt tüketim değerleri, ham bitkisel yağlardan daha az olduğu görülmektedir. Bunun nedeni de; yağların enerji düzeylerinin düşük olmasıdır.

Yücesu vd. (2001), çalışmalarında tek silindirli bir dizel motorunda alternatif yakıt olarak bitkisel yağ kullanımının motor performansı ve emisyonlarına etkisini incelemişlerdir. Yakıt olarak ayçiçek yağı, pamuk yağı, soya yağı ve bunlardan elde edilen metil esterlerini kullanmışlardır. Yapılan testler sonucunda bitkisel yağların motor performansı dizel yakıtına göre düşük, duman koyuluğu daha yüksek olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Bitkisel yağlardan üretilen metil esterlerinin ise motor performanslarının dizel yakıtına yakın olduğunu ortaya koymuşlardır.

Ghormade vd. (2002) soya yağını sıkıştırmalı ateşlemeli bir motorda yakıt olarak kullanmışlardır. Kısmı yüklerde verimde çok az bir değişimin olduğunu ve özgül yakıt tüketiminde ise her hangi bir değişimin olmadığını tespit etmişlerdir.

Pangavhane vd. (2002) yapmış oldukları deneylerde soya yağını dizel motorunda kullanmışlar, CO ve HC emisyonlarında sırasıyla %21 ve %47 oranlarında bir azalma olduğu görmüşlerdir.

Rao vd. (2003), ham pamuk yağını direkt enjeksiyonlu ve süper şarjlı bir dizel motorunda denemişlerdir. Bu çalışmada farklı enjeksiyon basınçlarında süper şarj basıncı 0.4 bar sabit kalacak şekilde özgül yakıt tüketimini ve duman yoğunluk değerlerini ölçmüşlerdir. Buldukları sonuca göre ham pamuk yağının motor özgül yakıt tüketiminde yaklaşık %15 gibi bir düşmeye sebep olduğunu belirtmişlerdir. Böylece ham pamuk yağının bu tür motorlarda kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Oğuz (2004), yapmış olduğu çalışmada, fındık yağı metil esterinin motor performansına etkisini incelemiş dizel yakıtı ile verileri karşılaştırmıştır. Yapılan motor denemesinde tam yükte her devir aralığında dizel yakıtından elde edilen moment fındık yağı metil esteri yakıtından daha yüksektir. Maksimum motor momenti, 1600 devirde dizel yakıtı için 220.3 Nm fındık yağı metil esteri için 1800 devirde 199.6 Nm olarak gerçekleşmiştir. Aradaki fark maksimum moment değerine karşılık gelen devirlerde % 9.3'dür. Dizel yakıtı ve fındık yağı metil esteri yakıtları ile yapılan motor karakteristik değerlerinden elde edilen motor gücünün motor devir sayısına bağlı olarak değişiminde, şahit yakıt olarak kullanılan dizel yakıtından elde edilen güç değerleri ile fındık yağı metil esterinin kullanılması ile elde edilen güç değerleri çok az farkla aynı çıkmaktadır. Ancak dizel yakıtında nominal güce 2700 1/ min'de ulaşılırken fındık yağı metil esterinde 2500 1/min'de ulaşılmakta bu devirden sonra regülatör devreye girerek güç düşmektedir. Farklı devirlerde nominal gücün elde edilmesinin sebebi yüksek devirlerde fındık yağı metil esteri yeterince yanamamasından kaynaklandığı ifade edilmektedir.

Yücesu vd. (2006) pamuk yağı metil esterinin motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışma sonucunda pamuk yağı metil esterinin motor performansında tam yükte %3-9 arasında azalma, özgül yakıt tüketiminde ise %8-10 bir artma olduğunu bulmuşlardır. CO, CO_2 ve NOx emisyonlarında ise dizel yakıta göre bir düşmenin olduğunu göstermişlerdir.

Agarwall (2007) içten yanmalı motorlarda kullanılan biyo-yakıtların (etanol ve biyodizel) motor performansı ve emisyon değerleri üzerine yapılmış çalışmaları değerlendiren geniş kapsamlı bir çalışma yapmıştır. Çalışmasının biyodizel bölümünde, biyodizelin belirli oranlarda dizel yakıt ile karıştırılıp içten yanmalı motorlarda kullanıldığında motor performansında az da olsa düşüş olduğunu belirtmiştir. Emisyon değerlerinde ise CO, HC ve partikül miktarlarında azalma olduğunu belirtmiştir. NOx miktarında ise yakıt içerisine biyodizel oranının artması ile ciddi bir artışın olduğunu özellikle vurgulamıştır.

Nabi vd. (2008) yılında yapmış oldukları çalışmada pamuk yağından elde etmiş oldukları biyodizeli dizel motorlarında kullanmışlardır. Pamuk yağını elde etmek için transesterifikasyon işlemini tercih etmişlerdir. %77 biyodizel için yaklaşık %20 metanol ve katalizör olarak %0.5 sodyum hidroksit kullanmışlardır. Bütün biyodizel

karışımlarında egzoz emisyonlarından CO, partikül madde ve duman değerlerinde bir düşmenin olduğunu, NOx emisyonunda ise bir yükselmenin olduğunu tespit etmişlerdir.

Karabektaş vd. (2008), pamuk yağı metil esterini ön ısıtmaya tabi tutarak dizel motorunda kullanmışlardır. Pamuk yağı metil esterini yanma odasın girmeden önce 30, 40, 60 ve 90 ^{o}C ısıtarak motor performansındaki değişiklikleri incelemişlerdir. Buna göre en iyi sonucu 90 ^{o}C ön ısıtmalı pamuk yağı biyodizelinden sağlandığı tespit etmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Deneyler, Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Ana Bilim Dalı Taşıt Test ve Ayarları Laboratuarında yapılmıştır. Deney yakıtı olarak kullanılan pamuk yağı metil esteri Ziraat Fakültesi Biyodizel Laboratuarında üretilmiştir.

3.1.1. Deney taşıtı

Deneylerde, özellikleri Çizelge 3.1.'de verilen ve Şekil 3.1.'de görülen dört silindirli, Common Rail tip multijet direkt enjeksiyonlu turbo ve intercooler destekli elektronik kontrollü yakıt sistemine sahip, 2006 model Fiat marka, Albea tip taşıt kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Deney taşıtının teknik özellikleri

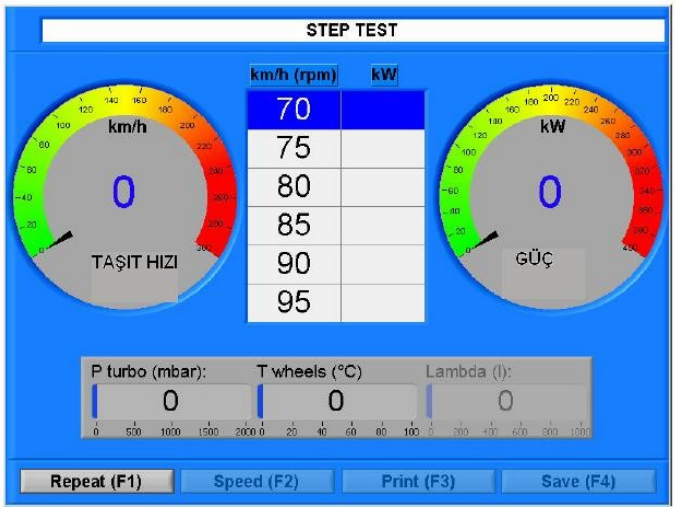
Markası	FIAT
Tipi	Albea
Versiyonu	1.3 Multijet Active
Tahrik şekli	Önden çekişli
İmal yılı	2006
Dingil uzaklığı (mm)	2439
Taşıt uzunluğu/genişliği/yüksekliği (mm)	4186/1703/1490
Azami taşıt ağırlığı (kg)	1055
Taşıt Motorunun Özellikleri	
Silindir sayısı / düzeni	4 / Tek sıra
Ateşleme sırası	1 – 3 – 4 – 2
Çap x Strok (mm)	69.6x 82.0
Motor hacmi (cm^3)	1248
Supap sayısı	16
Sıkıştırma oranı	18:1
Yakıt sistemi	Common Rail tip Multijet direkt enjeksiyon turbo ve intercooler destekli elektronik kontrol
Maksimum güç (HP – d/d)	70 – 4000
Maksimum tork (Nm – d/d)	180 – 1750



Şekil 3.1. Deney taşıtı

3.1.2. Taşıt dinamometresi ve kontrol paneli

Deneylerde, Şekil 3.3.'de gösterilen DELORENZO HPT 6100 marka taşıt dinamometresi kullanılmıştır. Kullanılan taşıt dinamometresi yol testi, güç testi ve hız testi yapabilmektedir. Taşıt dinamometresinin kontrol paneli Şekil 3.2' de gösterildiği gibi yapılan deneyin fonksiyonlarını göstermektedir.



Şekil 3.2. Taşıt dinamometresi kontrol paneli güç testi fonksiyonu örneği



Şekil 3.3. Taşıt dinamometresi

3.1.3. Yakıt tüketimi ölçüm cihazı

Deneylerde ölçüm hassasiyeti 0,001 olan, kendi filtreleme sistemine sahip, ortalama ve anlık tüketim değerlerini ölçebilen, Şekil 3.4.a ve 3.4.b de gösterilen AIC-4004 marka yakıt tüketimi ölçüm cihazı ve dijital gösterge kullanılmıştır.



Şekil 3.4.a. Yakıt tüketimi ölçüm cihazı



3.4.b. Yakıt tüketimi ölçüm cihazı dijital göstergesi

3.1.4. Deney yakıtları

Deneylerde, Shell şirketine bağlı olan bir yakıt istasyonundan tedarik edilen euro-diesel dizel motor yakıtı ve özellikleri Çizelge 3.2'de verilen, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyodizel Üretim Tesislerinde üretilen pamuk yağı metil esteri kullanılmıştır.

Çizelge 3.2 Deneyde kullanılan motorinin özellikleri (Türkak ,2008)

ÖZELLİK		ÖZELLİK KODU	BİRİM	REFERANS SINIR DEĞERLERİ		ÖLÇÜM BELİRSİZLİĞİ	ÖLÇÜM DEĞERLERİ	DENEY YÖNTEMİ
				EN AZ	EN ÇOK			
Yoğunluk		100	kg/m³	820	845	±0,11	839,8	TS EN ISO 12185
Viskozite		110	mm²/s	2	4,5			
Toplam Kirlilik		160	mg/kg	-	24	±0,4	4,4	TS EN 12662
Oksidasyon Kararlılığı		170	g/cm³	-	25			TS EN ISO 12205
Parlama Noktası		200	ºC	55	-	±0,78	78	TS EN ISO 2719
Soğuk Filtre Tıkama Noktası		210	ºC	-		±0,48	-16	TS EN 116
Damıtma	250 ºC	311	% (V/V)	-	65	±0,6	30	TS 1232 EN ISO 3405
	350 ºC	312	% (V/V)	85	-	±0,95	95	
	%95'te Sıcaklık	314	ºC	-	360	±0,7	350	
Karbon Kalıntısı		330	%(m/m)	-	0,3			
Su		500	mg/kg	-	200	±3,01	43	TS 6147 EN ISO 12937
Kül		510	%(m/m)	-	0,01			
Kükürt		540	mg/kg	-	50	±0,4	8	TS EN ISO 20846
YAME		630	% (V/V)	-	5			
Aromatik Hidrokarbonlar		710	%(m/m)	-	11			
Setan sayısı		820	-	51	-			
Setan İndisi		830	-	46	-	±0,11	52,7	TS EN ISO 4264
Yağlama Özelliği		840	µm	-	480			
Bakır Şerit Korozyonu		910	Derece	-				

3.2. Metot

Deneylerde, taşıt performansı parametreleri şasi dinamometresi ile ölçülmüştür Deneyler gerçekleştirilmeden önce ölçüm cihazlarının kalibrasyonu yapılmıştır. Deney taşıtının gerekli bakım ve ayarları katalog değerine getirilerek deney düzeneği kullanılabilir hale getirilmiştir. Tüm deneylerde ölçüm işlemine geçmeden önce taşıt motoru ve taşıtın bağlı bulunduğu deney ekipmanları çalıştırılarak, taşıt motorunun çalışma sıcaklığına gelmesi sağlanmıştır. Deneylerde sabit vites konumunda, değişik taşıt hızlarında, taşıt tekerlek tahrik gücü ve yakıt tüketimi ölçülmüştür. Ölçümler, önce yakıt olarak euro-diesel yakıtı, daha sonra yakıt olarak sırası ile B2, B5, B10, B20 ve B100 yakıtları kullanılarak yapılmıştır. Ölçümler sonucu elde edilen tekerlek tahrik gücü değerlerine göre tekerlek tahrik kuvveti değerleri hesaplanmıştır.

3.2.1 Pamuk yağı metil esterinin elde edilmesi

Pamuk yağı metil esteri elde etmek için Adana organize sanayi bölgesinde bulunan Ulaş Pamuk Ticaret ve Sanayi A.Ş.'den elde edilen pamuk yağı biyodizel üretim tesisinde taşıtta kullanılacak hale getirilinceye kadar aşağıdaki işlem basamaklarından geçirilmiştir. Üretim yapılan tesisin şematik olarak görünüşü Şekil 3.5' te gösterilmiştir.

1. 80 lt pamuk yağı tanka konularak 60 ^{o}C ye kadar ısıtıldı. Termostat kontrolü ile bu sıcaklığın reaksiyon boyunca sabit tutulması sağlandı. Karıştırıcı ile yağ karıştırılarak yağ sıcaklığının her yerde aynı olması sağlanmaya çalışılmıştır.

2. Kullanılan pamuk yağının hacimsel olarak % 20'sine tekabül eden 18,5 lt metanol ve pamuk yağının ağırlıkça 5 gr/litre yağ oranında NaOH katalizör maddesi metoksit tankında çözülerek reaktöre gönderilmiştir.

3. Reaktörde karışım 60 dakika karıştırılmıştır. Karıştırma işleminde 1BG gücünde 1000 d/dak ile dönen mono fazlı bir elektrik motoru kullanılmıştır. Bu süre zarfı içerisinde sıcaklık kontrolü termostat kontrollü olmasına rağmen termometre ile de ölçülerek sıcaklığın istenen değerde olması sağlanmıştır. (Reaksiyonun iyi bir şekilde gerçekleşebilmesi için kullanılan karışımın sıcaklık değeri, karıştırma hızı ve reaksiyon süresi etkili olmaktadır).

4. 60 dakika karıştırma işleminden sonra karışım yıkama (dinlendirme) tankına alınmıştır. Tanka alınma esnasında biyodizel ile gliserin ayrışmasını daha iyi gözleyebilmek için cam balona bir miktar numune alınmıştır.

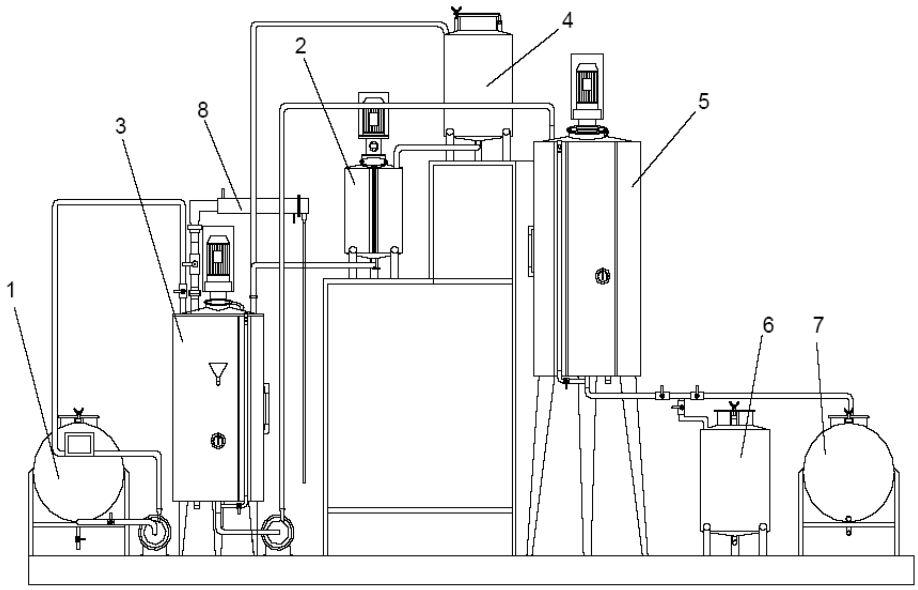
5. Dinlendirme kabına alınan karışım 12 saat dinlendirilerek biyodizel ile gliserinin ayrışması sağlanmıştır. Bu arada pH kağıtları ile üstteki biyodizelin pH'ına bakılmıştır. Reaksiyon bazik karakterli olduğu için nötrleşinceye kadar sülfürik asit ilave edilmiştir. Dinlendirme faz oluştuktan sonra gliserin gliserin tankına alınmıştır.

6. Bitkisel yağlardan elde edilen biyodizel içerisinde kalan yağ asitleri, reaksiyona girmeyen alkol, katalizör madde ve ayrıştırma esnasında kalma ihtimali söz konusu olan gliserinin bünyeden uzaklaştırılması için yıkama işlemi yapılması gerekmektedir. Yakıtın içerisinde alkolün kalması yakıt donanımındaki kauçuk veya lastik bağlantı hortumlarına zarar verebilmektedir. Yıkama işleminde suyla kabarcık yöntemi tercih edildi. Bu yöntemde biyodizel 1:1 oranında su ile karıştırılmıştır. Bir hava pompasına bağlanan hava taşı karışımın içerisine yerleştirilerek içeriye hava gönderilmiştir. Böylece kabarcıkların oluşması sağlanmıştır. pH değeri ölçülerek karışımın pH değeri 7 oluncaya kadar sülfürik asit ilave edilmiştir.

7. Yıkama işlemi esnasında karışım kontrol edilerek köpürme yapmaması gerektiğine bakılmıştır. Bu işlem 7 saat kadar sürmüştür.

8. Yıkama işleminden sonra 12 saat beklenerek su ile biyodizelin faz oluşturarak suyun dibe çökmesi beklenilmiştir ve su tahliye edilmiştir.

9. Yıkama tankının içerisinde kalan biyodizelde su kalma ihtimaline karşın suyun kaynama noktası olan 100 ^{o}C'nin üzerinde ısıtılarak biyodizel içindeki suyun buharlaşması sağlanmıştır. Daha sonra biyodizel depoya alınmıştır. Böylece pamuk yağından biyodizel üretilmiş oldu.



1. Ham yağ tankı 2.Metoksit tankı 3. Reaktör 4. Metanol tankı
5. Yıkama tankı 6. Gliserin tankı 7. Biyodizel tankı 8. Eşanjör

Şekil 3.5. Biyodizel üretim tesisinin şematik görünüşü

Deney yapılacak yakıtlar karıştırıldıktan sonra Şekil 3.6' da görüldüğü gibi saklama kaplarına konulmuştur.



Şekil 3.6. Deney yakıtları

Çizelge.3.2 Deney Yakıtının Özellikleri

ÖZELLİKLER	Motorin	B2	B5	B10	B20	B100
Yoğunluk (g/cm^3)	0,829	0,831	0,832	0,835	0,84	0,885
Viskozite 40 °C (mm^2/s)	2,74	2,84	2,85	2,89	3,1	4,65
Parlama (°C)	59	61	63	66	70	95
Isıl Değer (cal/g)	10994	10735	10645	10777	9325	9389
Bulutlanma (°C)	-12	+6	+7	+7	+8	+10
Bakır Çubuk	1a	1a	1a	1a	1a	1a

Deneylerde kullanılan yakıt karışımları hacimsel olarak oluşturulmuştur. Oluşturulan yakıtlar aşağıdaki gibi isimlendirilmiştir:

B0: %100 euro-diesel

B2: %98 euro-diesel - %2 biyodizel

B5: %95 euro-diesel - %5 biyodizel

B10: %90 euro-diesel - %10 biyodizel

B20: %80 euro-diesel - %20 biyodizel

B100: %100 biyodizel

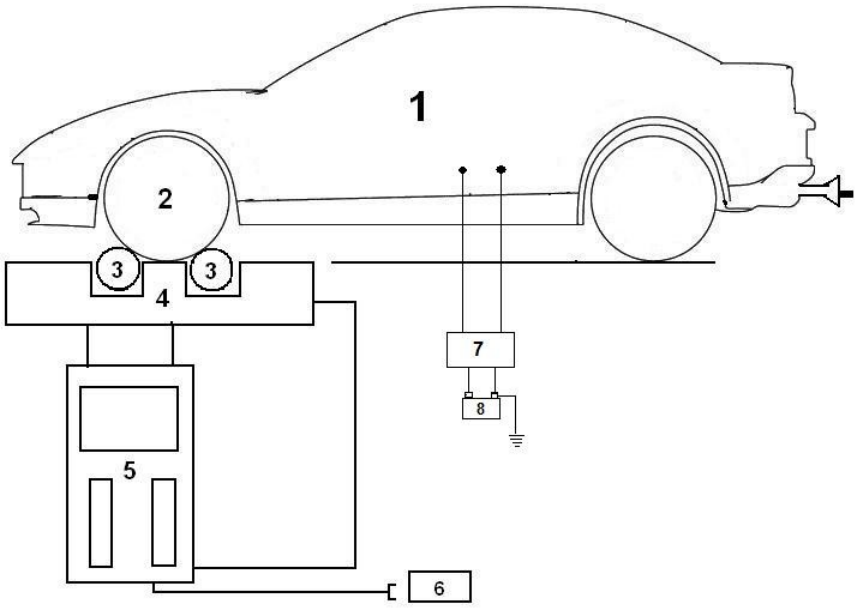
3.2.2. Tekerlek tahrik gücü

Taşıt dinamometresinde tekerlek tahrik gücü ölçümü aşağıda belirtildiği şekilde yapılmıştır;

Taşıt, Şekil 3.8'da şematik olarak görüldüğü gibi, tahrik tekerlekleri tamburlara oturacak biçimde taşıt dinamometresine yerleştirilmiştir,

- Taşıt, halatlar ile bağlanarak emniyeti sağlanmıştır,

- Güç değerlerinin alınacağı taşıt hızı değerleri (her bir yakıt için; 2. vites durumunda, 20-30-35-40-50-60 km/h, 3. vites durumunda, 30-40-50-60-70 km/h, 4. vites durumunda, 70-80-90-100-110-120 km/h) taşıt dinamometresi kontrol ünitesi hafızasına kaydedilmiştir,
- Taşıtın tahrik tekerlekleri, 1. viteste harekete geçirildikten sonra direkt değerlerin alınacağı vites kademesi konumuna getirilip tam gaz yapılmıştır.
- Tam gaz konumunda iken, taşıt dinamometresinin tamburları, kontrol ünitesindeki taşıt hızı değerlerinde taşıt hızını sabit tutabilmek amacı ile tahrik tekerleklerinin dönmesine bir direnç kuvveti uygular.
- Taşıt hızını sabitler, uygulamış olduğu direnç kuvvetine, tekerleklerden gelen tepki kuvvetini ölçerek hesaplar ve taşıt dinamometresi kontrol paneli göstergesinde tekerlek tahrik gücü olarak gösterir.
- Bütün ölçümler 3 tekrarlı olarak yapılmıştır.



1. Deney taşıtı **2. Tahrik tekerleği** **3. Dinamometre tamburları**
4. Dinamometre **5. Kontrol paneli** **6. Güç kaynağı(220V)**
7. Yakıt tüketimi ölçüm cihazı **8. Batarya**

Şekil 3.7. Deney düzeneğinin şematik görünüşü

3.2.3. Tekerlek tahrik kuvveti

Tekerlek tahrik kuvveti değerleri taşıtın ideal çeki hiperbolunu göstermektedir. Bu nedenle tekerlek tahrik kuvveti değerleri formül 3.1'de gösterildiği gibi hesaplanmıştır:

$$F_w = \frac{P_w * 3600}{V}$$

(3.1.)

F_w: Tekerlek tahrik kuvveti (N)

P_w: Tekerlek tahrik gücü (kW)

V: Taşıt hızı (km/h)

3.2.4. Yakıt tüketimi

Tekerlek tahrik gücü ölçümleri esnasında, o andaki taşıt hızı ve vites durumunda ortalama yakıt tüketimi ölçümü yapılmıştır. Yakıt tüketimi ölçüm cihazı yakıt deposu ile besleme pompası arasında bağlanmıştır. Cihazın göstergesi için gerekli olan elektrik gücü harici olarak 12 V' luk bir bataryadan sağlanmıştır. Daha sonra, her bir yakıt ve vites durumu için, tekerlek tahrik gücü değerlerinin alındığı taşıt hızındaki yakıt tüketimi değerleri ortalama olarak litre/saat biriminden ölçülmüştür. Bütün ölçümler 3 tekrarlı olarak yapılmıştır.

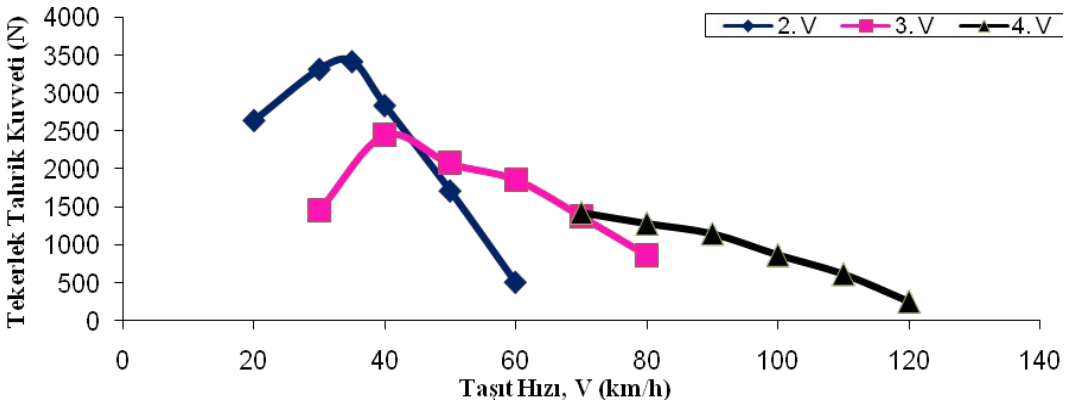
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

4.1. Tekerlek Tahrik Kuvveti

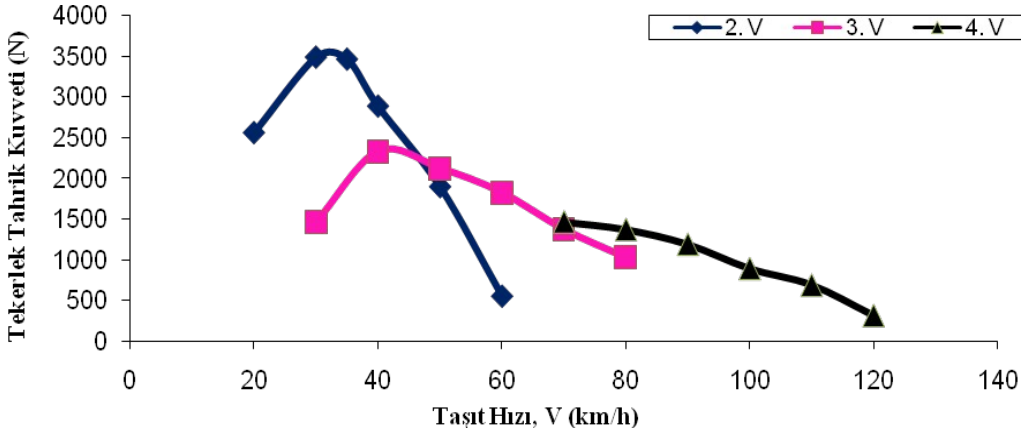
Şekil 4.1-4.6., sırası ile B0, B2, B5, B10, B20 ve B100 yakıtlarının değişik vites durumlarındaki tekerlek tahrik kuvveti karakteristiklerini göstermektedir. Şekillerde tekerlek tahrik kuvvetinin her taşıt hızında motor momentine bağlı olarak düşük vites kademelerinde daha fazla olduğu görülmektedir. Her vites kademesindeki maksimum tekerlek tahrik kuvvetinin elde edildiği taşıt hızından sonra tekerlek tahrik kuvveti özellikle motor momentinin azalmasına bağlı olarak düşmüştür. Ayrıca vites kademesi arttıkça, vites kutusu dişli oranı azalacağından yüksek vites durumlarında tekerlek tahrik kuvveti düşmüştür.

Tekerlek tahrik kuvveti motor momenti, transmisyon verimi ve transmisyon oranı ile doğru orantılı, tekerlek çapı ile ters orantılıdır. Buna göre, her bir vites kademesinde, motor momenti hariç diğer parametreler sabittir. Bu yüzden motor momenti maksimum olduğunda tekerlek tahrik kuvveti de maksimumdur. Motor momentinin maksimum olduğu motor devri dışındaki devirlerde, motor momenti azaldığı için tekerlek tahrik kuvveti de azalacaktır.

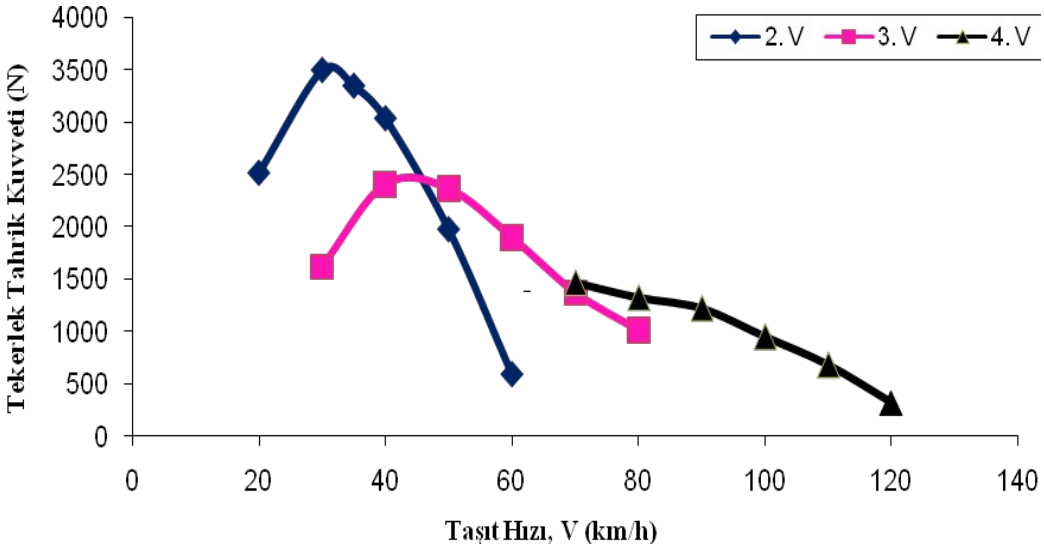
Değişik vites durumlarında ve taşıt hızlarında tekerlek tahrik kuvvetindeki değişim ise herhangi bir motor devrinde motor momenti sabit olacak, transmisyon oranı değişken olacaktır. Vites kademesi yükseldiğinde, transmisyon oranı düşeceği için tekerlek tahrik kuvveti değerleri azalacaktır.



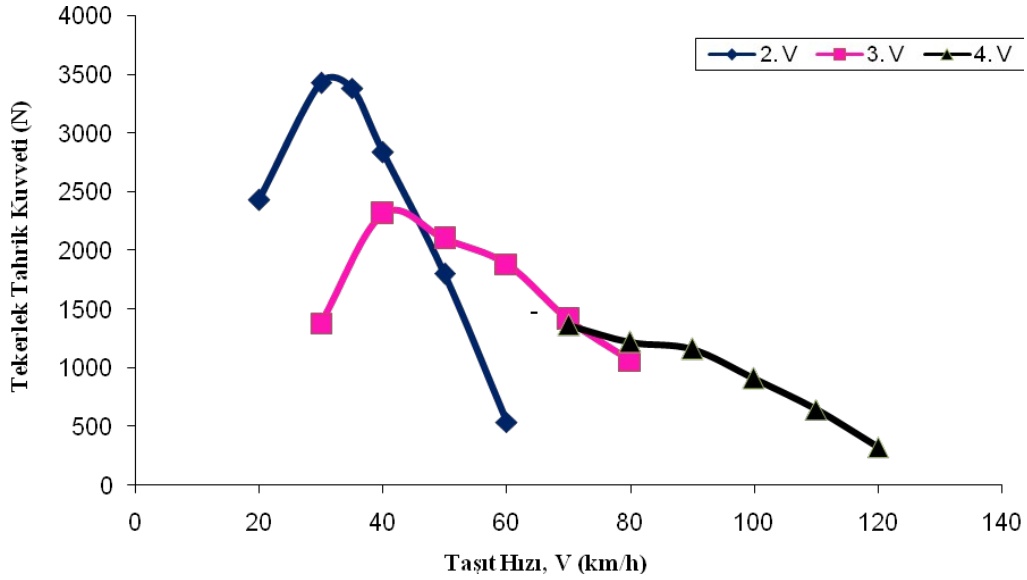
Şekil 4.1. B0 Yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik kuvveti grafiği



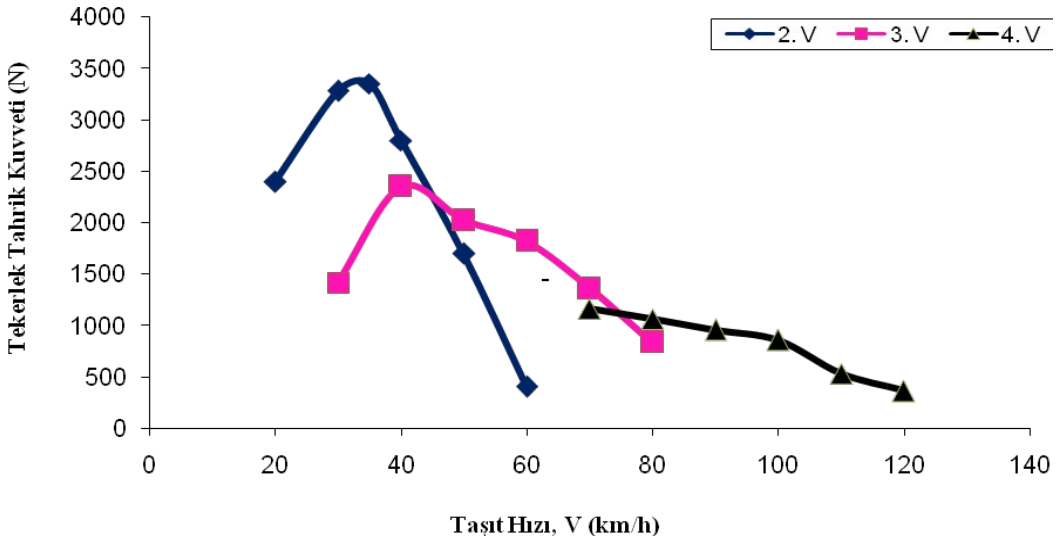
Şekil 4.2. B2 Yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik kuvveti grafiği



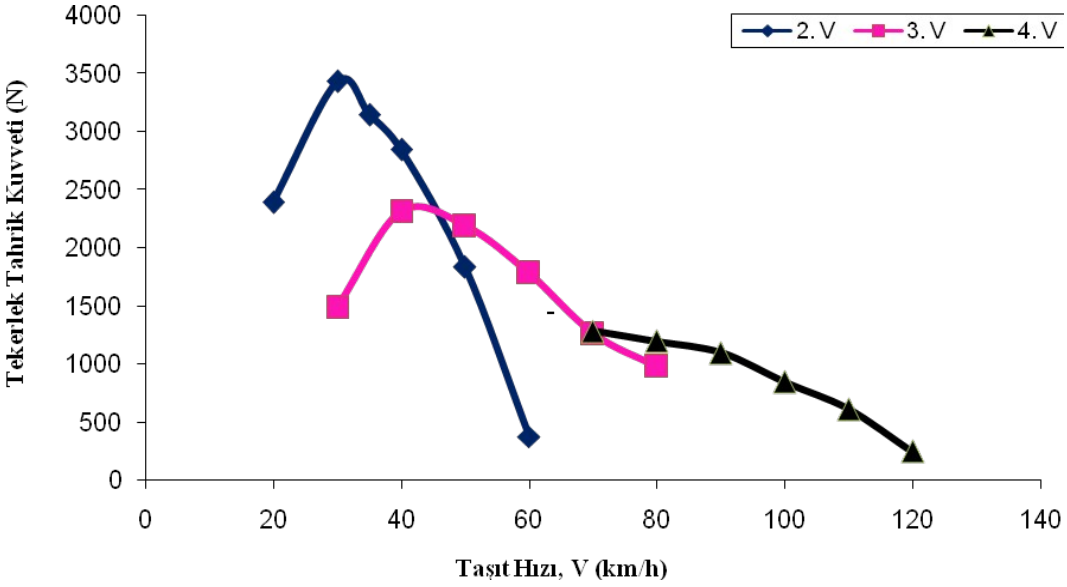
Şekil 4.3. B5 Yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik kuvveti grafiği



Şekil 4.4. B10 Yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik kuvveti grafiği

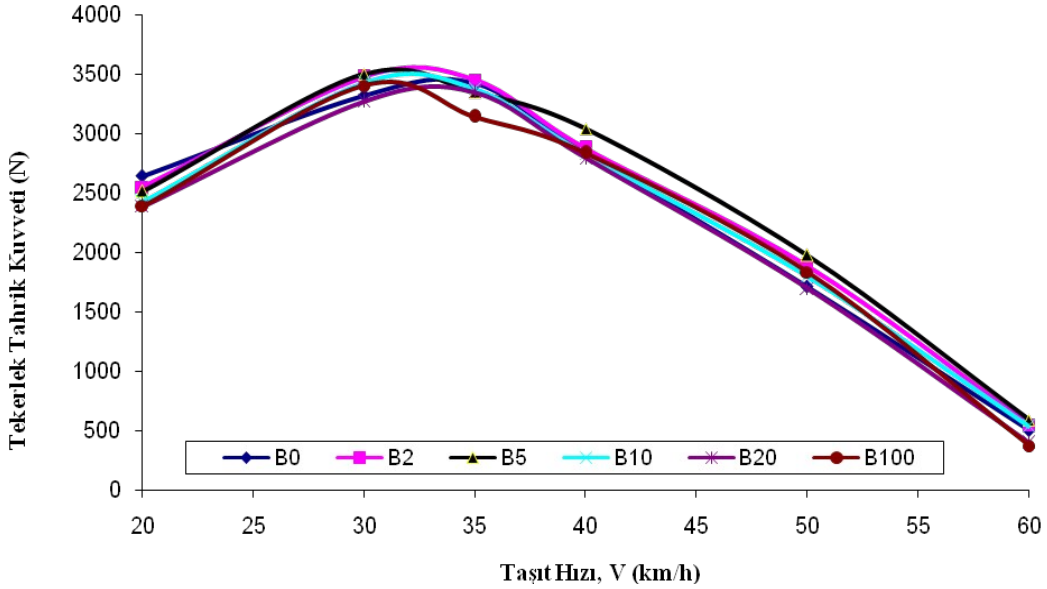


Şekil 4.5. B20 Yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik kuvveti grafiği



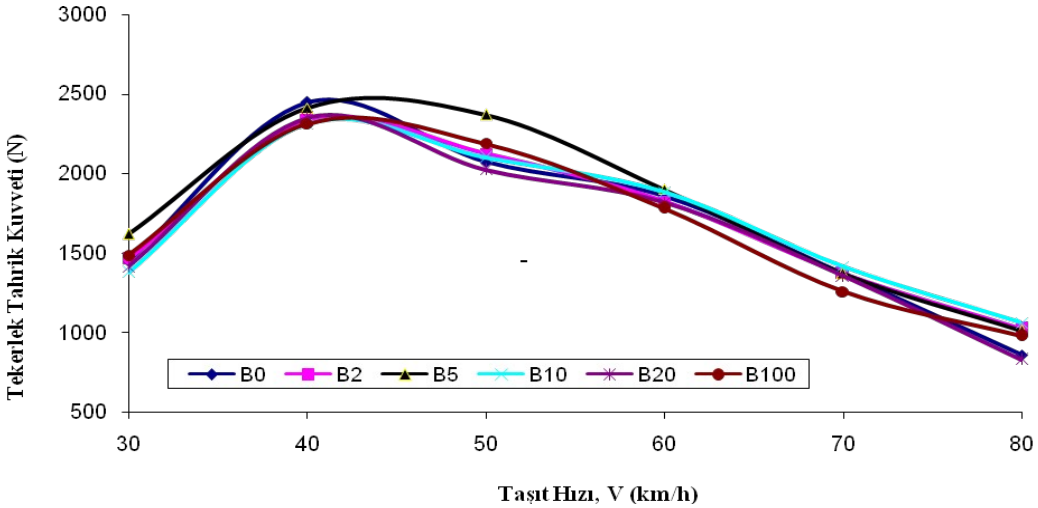
Şekil 4.6. B100 Yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik kuvveti grafiği

Şekil 4.7.'de 2. vites durumunda, değişik taşıt hızlarında yapılan deneylerde her bir deney yakıtı için tekerlek tahrik kuvveti eğrileri gösterilmiştir. 2. vites durumunda yapılan ölçümlerde elde edilen maksimum tekerlek tahrik kuvveti değeri (3504 N) B5 yakıtı ile 30 km/h taşıt hızında elde edilmiştir. Maksimum tekerlek tahrik kuvveti değerlerine göre, B5 yakıtı ile elde edilen tekerlek tahrik kuvveti değerinde B0 yakıtına göre yaklaşık olarak %2.30 oranında bir artış gözlemlenmiştir. Maksimum tekerlek tahrik kuvveti değerlerine göre, 2. vites kademesinde yapılan ölçümlerde B0 yakıtına göre elde edilen en yüksek düşüş B20 yakıtı ile yaklaşık olarak %2.10 oranında olmuştur.



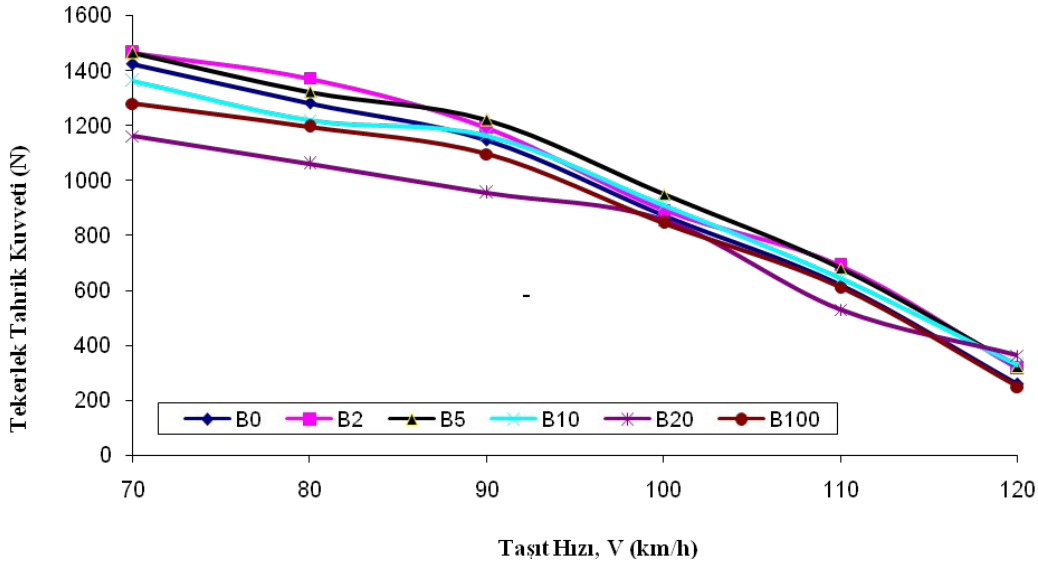
Şekil 4.7. Değişik taşıt hızlarında 2. vites tekerlek tahrik kuvveti grafiği

Şekil 4.8.'de 3. vites durumunda, değişik taşıt hızlarında yapılan deneylerde her bir deney yakıtı için tekerlek tahrik kuvveti eğrileri gösterilmiştir. 3. vites durumunda yapılan ölçümlerde elde edilen maksimum tekerlek tahrik kuvveti değeri (2448 N) B0 yakıtı ile 40 km/h taşıt hızında elde edilmiştir. Maksimum tekerlek tahrik kuvveti değerlerine göre, 3. vites kademesinde yapılan ölçümlerde B0 yakıtına göre elde edilen en yüksek düşüş B100 yakıtı ile yaklaşık olarak %5.51 oranında olmuştur.



Şekil 4.8. Değişik taşıt hızlarında 3. vites tekerlek tahrik kuvveti grafiği

Şekil 4.9.'da 4. vites durumunda, değişik taşıt hızlarında yapılan deneylerde her bir deney yakıtı için tekerlek tahrik kuvveti eğrileri gösterilmiştir. 4. vites durumunda yapılan ölçümlerde elde edilen maksimum tekerlek tahrik kuvveti değeri (1465.71 N) B2 ve B5 yakıtı ile 70 km/h taşıt hızında elde edilmiştir. Maksimum tekerlek tahrik kuvveti değerlerine göre, B2 ve B5 yakıtı ile elde edilen tekerlek tahrik kuvveti değerinde B0 yakıtına göre yaklaşık olarak %2.93 oranında bir artış gözlemlenmiştir. Maksimum tekerlek tahrik kuvveti değerlerine göre, 2. vites kademesinde yapılan ölçümlerde B0 yakıtına göre elde edilen en yüksek düşüş B20 yakıtı ile yaklaşık olarak %18.38 oranında olmuştur.



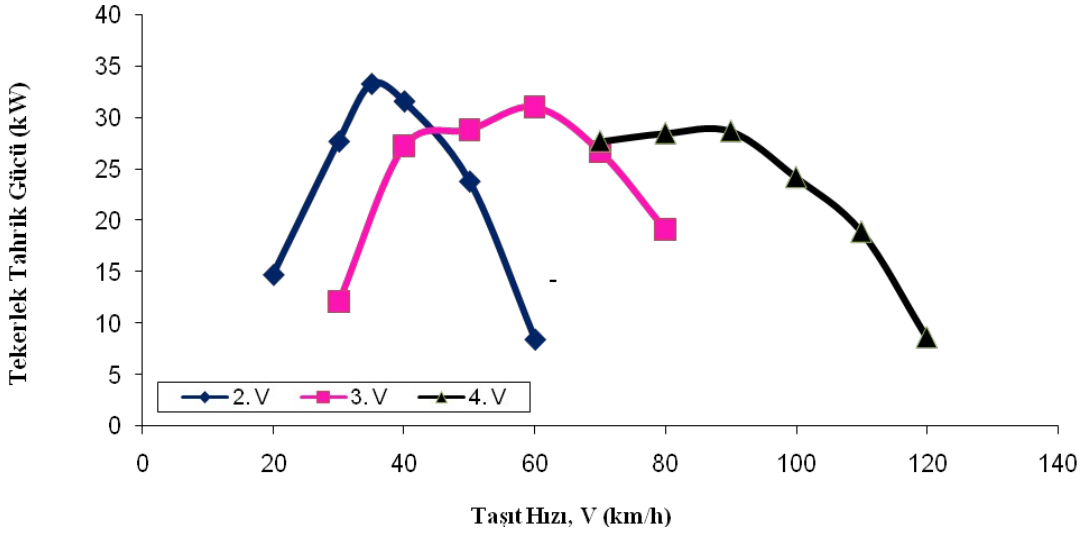
Şekil 4.9. Değişik taşıt hızlarında 4. vites tekerlek tahrik kuvveti grafiği

Maksimum tekerlek tahrik kuvveti değerlerine göre, 2. vites durumunda B2, B5 ve B10 yakıtlarının tekerlek tahrik kuvveti değerleri ve 4. Vites durumunda B2 ve B5 yakıtlarının tekerlek tahrik kuvveti değerleri B0 yakıtına göre yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni biyodizel yakıtlarının oksijen içermesidir (hacimce %10-12). 2. Vites durumunda B20 ve B100 yakıtlarının tekerlek tahrik kuvveti değerleri, 3. vites durumunda tüm biyodizel yakıtlarının tekerlek tahrik kuvveti değerleri ve 4. vites durumunda B10, B20 ve B100 yakıtlarının tekerlek tahrik kuvveti değerleri B0 yakıtına göre düşmüştür. Bunun nedeni ise yakıttaki oksijen oranının artmasına rağmen ısıl değerlerinin B0 yakıtına göre daha az olmasıdır.

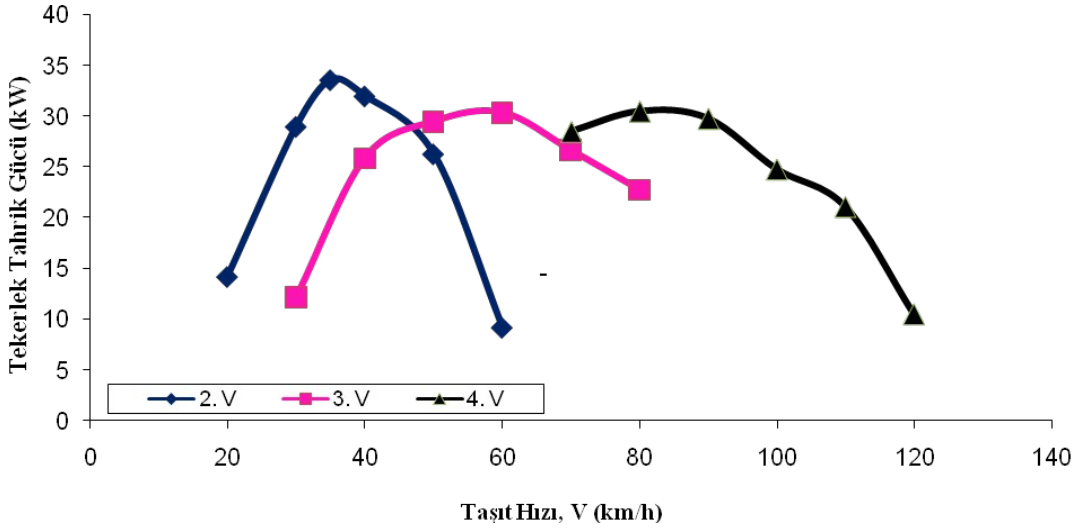
4.2. Tekerlek Tahrik Gücü

Şekil 4.10-4.15. sırası ile B0, B2, B5, B10, B20 ve B100 yakıtlarının değişik vites durumlarındaki tekerlek tahrik gücü karakteristiklerini göstermektedir. Şekillerde tekerlek tahrik gücünün her vites durumunda da taşıt hızına bağlı olarak arttığı görülmektedir. Her vites kademesindeki maksimum tekerlek tahrik kuvvetinin elde edildiği taşıt hızından sonra tekerlek tahrik gücü özellikle motor gücünün azalmasına bağlı olarak düşmüştür.

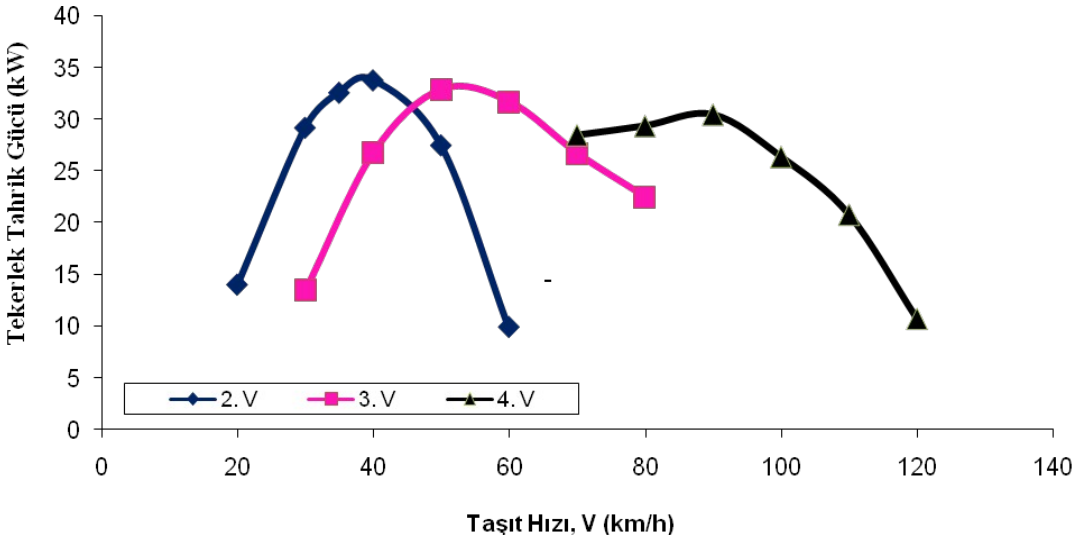
Tekerlek tahrik gücü, taşıt hızı ve tekerlek tahrik kuvveti ile doğru orantılıdır. Tekerlek tahrik gücünün, araç hızı arttıkça maksimum tekerlek tahrik kuvvetinin elde edildiği taşıt hızına kadar artığı ortaya çıkmıştır. Tekerlek tahrik kuvveti düşmeye başladığında ise, taşıt hızı artmasına karşın, tekerlek tahrik gücünün düştüğü gözlemlenmiştir. Bu düşüşün nedeni; taşıt hızındaki artış oranının, tekerlek tahrik kuvvetindeki düşüş oranından daha az olmasıdır.



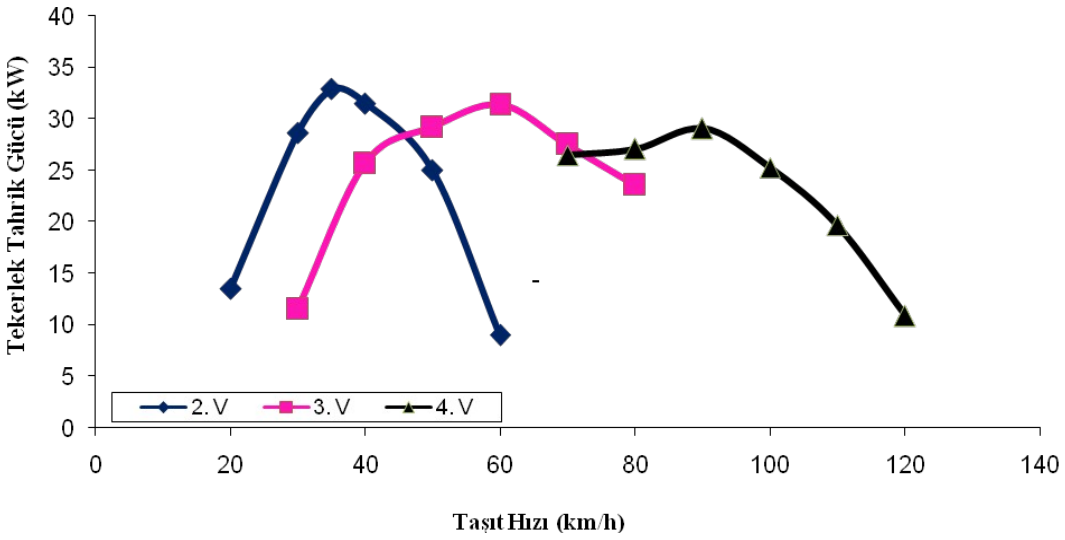
Şekil 4.10. B0 Yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik gücü grafiği



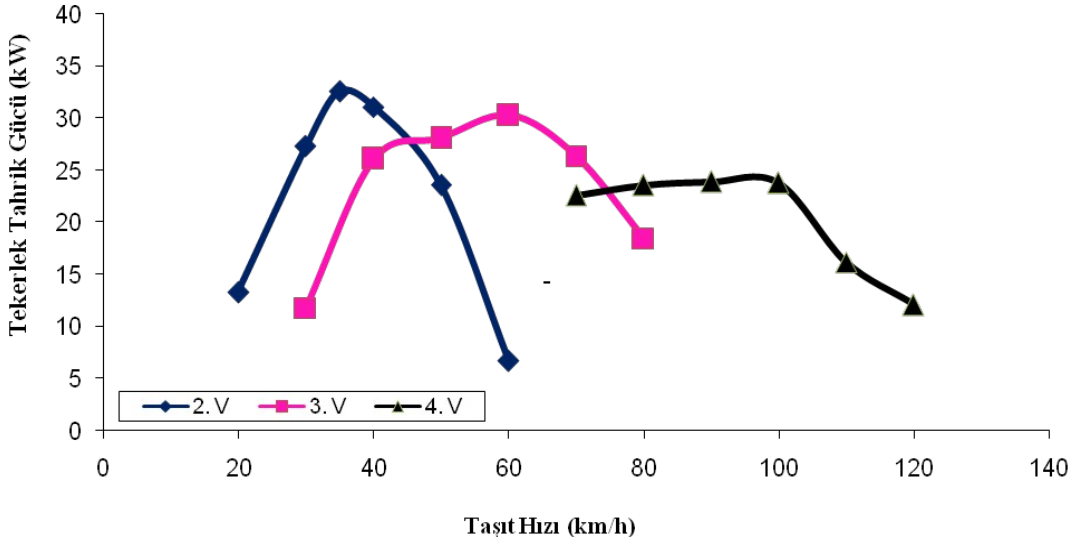
Şekil 4.11. B2 Yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik gücü grafiği



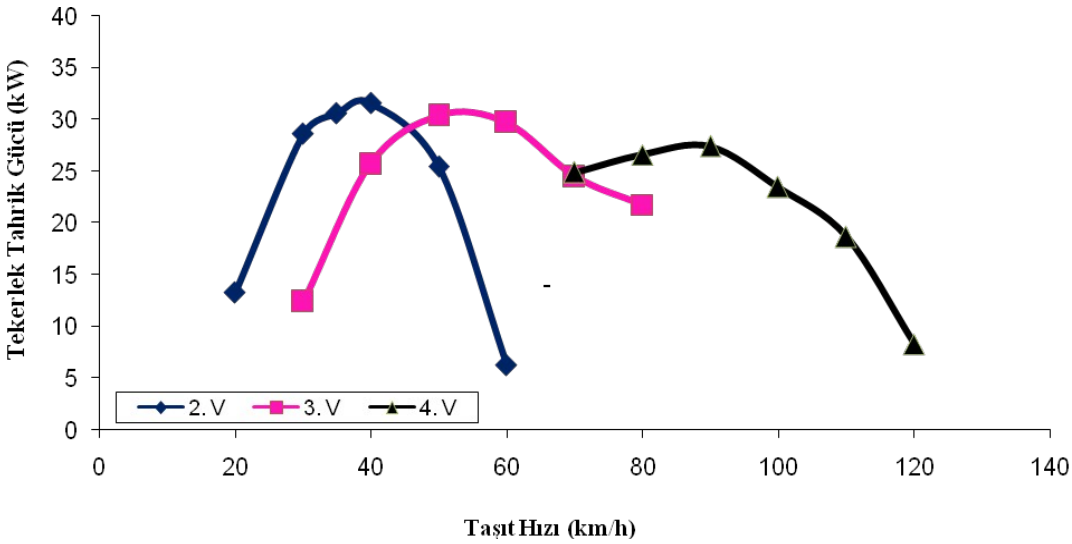
Şekil 4.12. B5 Yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik gücü grafiği



Şekil 4.13. B10 Yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik gücü grafiği



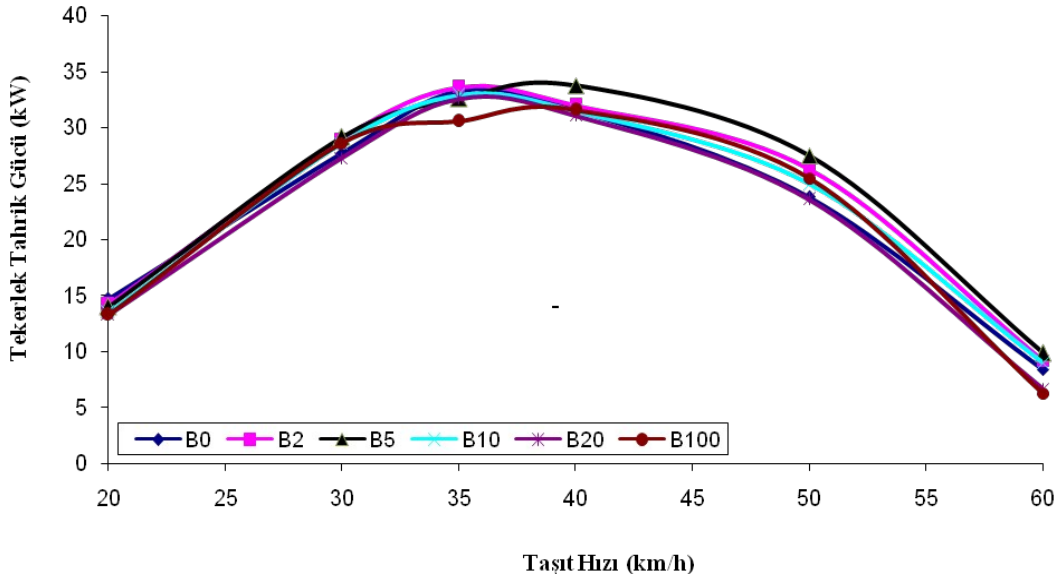
Şekil 4.14. B20 Yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik gücü grafiği



Şekil 4.15. B100 Yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik gücü grafiği

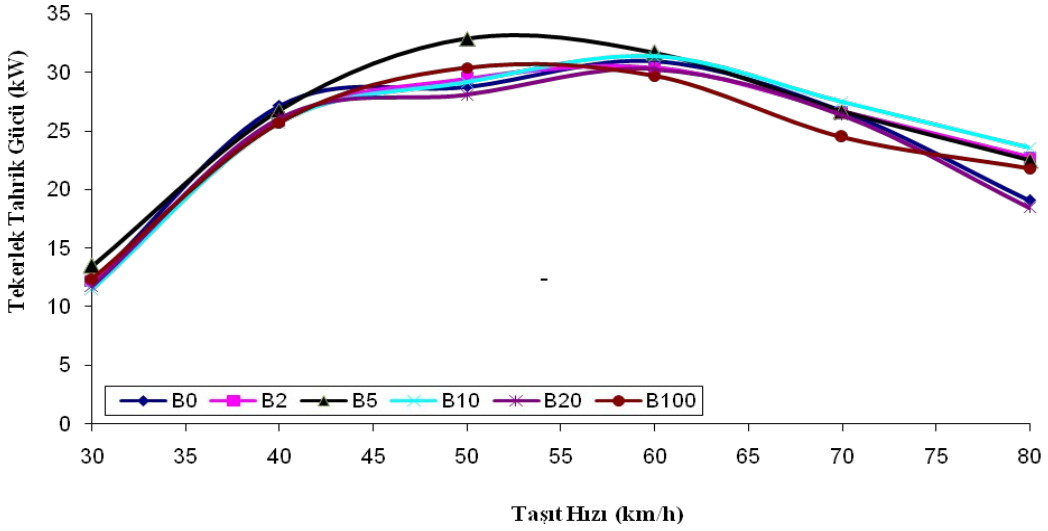
Şekil 4.16.'da 2. vites durumunda, değişik taşıt hızlarında yapılan deneylerde her bir deney yakıtı için tekerlek tahrik gücü eğrileri gösterilmiştir. 2. vites durumunda yapılan ölçümlerde elde edilen maksimum tekerlek tahrik gücü değeri (33.8 kW) B5 yakıtı ile 40 km/h taşıt hızında elde edilmiştir. Maksimum tekerlek tahrik kuvveti değerlerine göre, B5 yakıtı ile elde edilen tekerlek tahrik kuvveti değerinde B0

yakıtına göre yaklaşık olarak %1.50 oranında bir artış gözlemlenmiştir. Maksimum tekerlek tahrik kuvveti değerlerine göre, 2. vites kademesinde yapılan ölçümlerde B0 yakıtına göre elde edilen en yüksek düşüş B20 yakıtı ile yaklaşık olarak %6.61 oranında olmuştur.



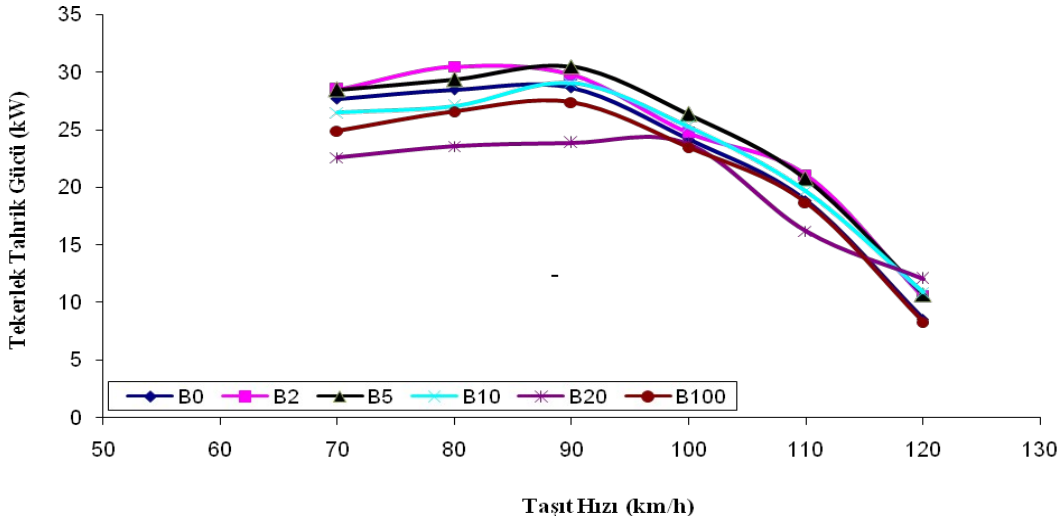
Şekil 4.16. Değişik taşıt hızlarında 2. vites tekerlek tahrik gücü grafiği

Şekil 4.17.'da 3. vites durumunda, değişik taşıt hızlarında yapılan deneylerde her bir deney yakıtı için tekerlek tahrik gücü eğrileri gösterilmiştir. 3. vites durumunda yapılan ölçümlerde elde edilen maksimum tekerlek tahrik gücü değeri (32.9 kW) B5 yakıtı ile 50 km/h taşıt hızında elde edilmiştir. Maksimum tekerlek tahrik kuvveti değerlerine göre, B5 yakıtı ile elde edilen tekerlek tahrik kuvveti değerinde B0 yakıtına göre yaklaşık olarak %6.13 oranında bir artış gözlemlenmiştir. Maksimum tekerlek tahrik kuvveti değerlerine göre, 3. vites kademesinde yapılan ölçümlerde B0 yakıtına göre elde edilen en yüksek düşüş B20 yakıtı ile yaklaşık olarak %2.26 oranında olmuştur.



Şekil 4.17. Değişik taşıt hızlarında 3. vites tekerlek tahrik gücü grafiği

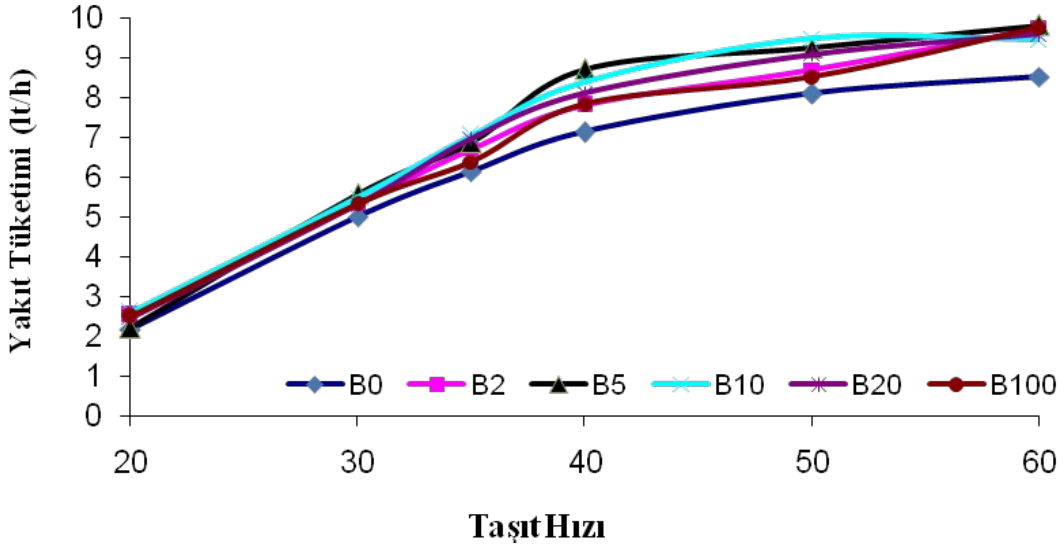
Şekil 4.18.'da 4. vites durumunda, değişik taşıt hızlarında yapılan deneylerde her bir deney yakıtı için tekerlek tahrik gücü eğrileri gösterilmiştir. 4. vites durumunda yapılan ölçümlerde elde edilen maksimum tekerlek tahrik gücü değeri (30.5 kW) B2 ve B5 yakıtı ile 80-90 km/h taşıt hızında elde edilmiştir. Maksimum tekerlek tahrik kuvveti değerlerine göre, B2 ve B5 yakıtı ile elde edilen tekerlek tahrik kuvveti değerinde B0 yakıtına göre yaklaşık olarak %6.27 oranında bir artış gözlemlenmiştir. Maksimum tekerlek tahrik kuvveti değerlerine göre, 4. vites kademesinde yapılan ölçümlerde B0 yakıtına göre elde edilen en yüksek düşüş B20 yakıtı ile yaklaşık olarak %16.72 oranında olmuştur.



Şekil 4.18. Değişik taşıt hızlarında 4. vites tekerlek tahrik gücü grafiği

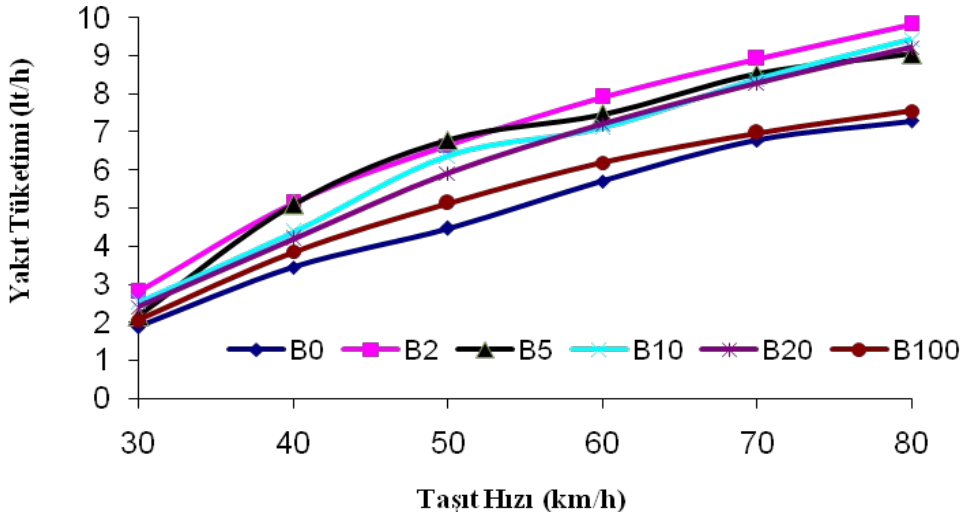
4.3. Yakıt Tüketimi

Şekil 4.19'da 2. vites durumunda, değişik taşıt hızlarında yapılan deneylerde her bir deney yakıtı için yakıt tüketiminin değişimi gösterilmiştir. 2. vites durumunda yapılan ölçümlerde elde edilen yakıt tüketimi değeri değişik taşıt hızlarında B0 yakıtına göre karşılaştırıldığında maksimum artış B100 yakıtında, 40 km/h taşıt hızında yaklaşık olarak %23.93 oranında elde edilmiştir.



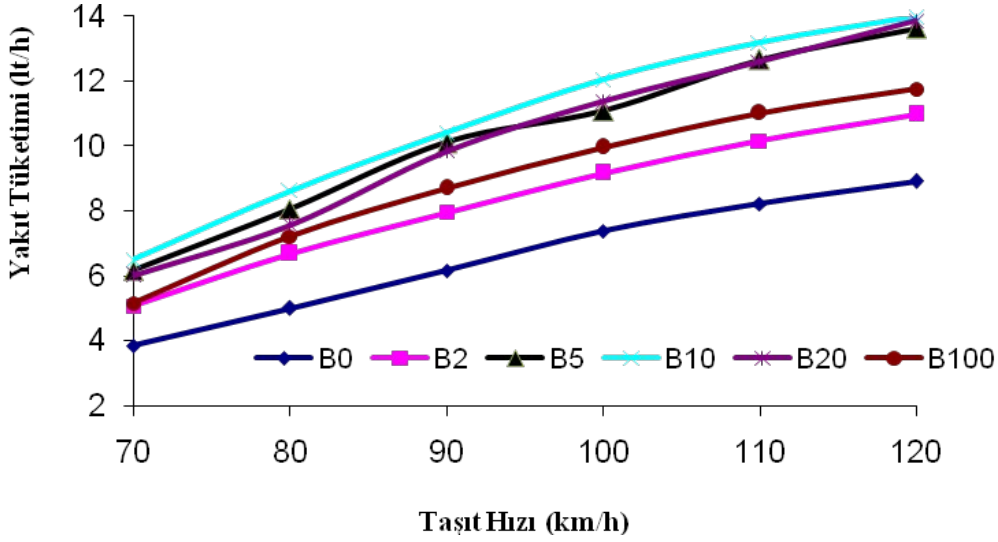
Şekil 4.19. Değişik taşıt hızlarında 2. vites durumunda yakıt tüketimi grafiği

Şekil 4.20'de 3. vites durumunda, değişik taşıt hızlarında yapılan deneylerde her bir deney yakıtı için yakıt tüketiminin değişimi gösterilmiştir. 3. vites durumunda yapılan ölçümlerde elde edilen yakıt tüketimi değeri değişik taşıt hızlarında B0 yakıtına göre karşılaştırıldığında maksimum artış B2 yakıtında, 80 km/h taşıt hızında yaklaşık olarak %34.94 oranında elde edilmiştir.



Şekil 4.20. Değişik taşıt hızlarında 3. vites durumunda yakıt tüketimi grafiği

Şekil 4.21'de 4. vites durumunda, değişik taşıt hızlarında yapılan deneylerde her bir deney yakıtı için yakıt tüketiminin değişimi gösterilmiştir. 4. vites durumunda yapılan ölçümlerde elde edilen yakıt tüketimi değeri değişik taşıt hızlarında B0 yakıtına göre karşılaştırıldığında maksimum artış B10 yakıtında, 120 km/h taşıt hızında yaklaşık olarak %56.89 oranında elde edilmiştir.



Şekil 4.21. Değişik taşıt hızlarında 4. vites durumunda yakıt tüketimi grafiği

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Common Rail yakıt sistemine, turbo şarjlı dizel motoruna sahip bir taşıtta, motorda yada enjeksiyon sisteminde herhangi bir modifikasyona gidilmeden alternatif dizel motor yakıtı olarak pamuk yağı metil esterinin başarılı bir şekilde kullanılabileceği gösterilmiştir. Deneylerden elde edilen verilere göre aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir.

- Pamuk yağı metil esteri Türkiye için yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak kolaylıkla kullanılabilir. Pamuk yağı metil esterinin ısıl değeri dizel yakıtının ısıl değerinden daha düşüktür. Dizel yakıtı ve pamuk yağı metil esteri benzer fiziksel ve kimyasal özellikler göstermiştir.
- Hacimce %10-12 oksijen içeren pamuk yağı metil esteri, hacimce düşük oranda biyodizel içeren biyodizel-dizel yakıtı karışımlarında tekerlek tahrik gücünde %6.27 oranında artış göstermiştir. Hacimce yüksek oranda biyodizel yakıtı içeren biyodizel-dizel yakıtı karışımlarının ısıl değerlerinin daha düşük olmasından dolayı tekerlek tahrik gücünde %16.72 oranında azalma göstermiştir.
- Pamuk yağı metil esterinin dizel yakıtına göre ısıl değerinin düşük olması, yoğunluğunun ve viskozitesinin yüksek olmasından dolayı elde edilen yakıt tüketimi sonuçlarında biyodizel yakıtlarının yakıt tüketimi değerleri dizel yakıtına göre 2. viteste %23.93, 3. viteste %34.94, 4. viteste %56.89 oranında artmıştır.

Bunların yanı sıra pamuk yağı metil esterini uzun çalışma periyotlarında yakıt tankına, yakıt sistemi elemanlarına ve motor yağına etkileri incelenebilir.

6. KAYNAKLAR

Kesse D. G. "Global warming—facts, assessment, countermeasures" J. Pet. Sci. Eng.,vol. 26, pp.157–68, 2000.

Goldemberg J, Johnsson T. B., Reddy A. K. N., Williams R. H. "Energy for the new millennium", R. Swedish. Sci.,
Vol. 30(6), pp.330–7, 2001.

Gilbert R., Perl A. "Energy and transport futures. A report prepared for national round table on the environment and the economy", University of Calgary, pp. 1–96. June 2005.

Oğuz H. "Tarım Kesiminde Yaygın Olarak Kullanılan Dizel Motorlarında Fındık Yağı Biyodizelinin Yakıt Olarak Kullanım İmkanlarının İncelenmesi", Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ABD, Doktora Tezi, Konya, 2004

Vita, D. A., And Alaggio, "Effects Of Biodiesel Performance, Emissions, Injection And Combustion Characteristic Of A Diesel Engine" 1st World conference and Exhibition on Biomass for Energy and Industry. 5-9 June Sevilla, Spain 2000

Blumberg, P.N., ve Fort. E.F., "Performance and durabiiity of a Turbocharged diesel fueled with cotton seed oil blends, Vegetable Oils Fuels", Procedings of The International Conference on Plant And Vegetable Oils as Fuels, ASAE August 1982.

Pryor, R.W., Hanna,M,A., Schinstosk, J, E., "Soybeam oil fuel in a small diesel engine", ASAE Trans., 1983.

Mazzed, M.A., "Test of vegetable oil as fuel indirect and direct injection diesel engine", Ph.D. Thesis, Oklohoma State University, USA, 1984.

Tadashi, Young, “Low carbon build up, low smoke and efficient diesel operation with vegetable oil by conversion to monoesters and blending with diesel oil or alcohols”, SAE 841161, 1984.

Hemmerlein, M., Korte V., and Richter. H.S. “Performance, exhaust emission and durability of modern diesel engines running on rapeseed oil”, SAE Tech. Paper, 910848, 1991.

Peterson, C.L., Perkins, L.A., and Auld, R. “Durability testing of transesterified winter rape oif as fuel in smal bore, multi-cylinder, DI, Cl Engines”, SAE, 911764,1991.

Rakopolulos, C.D. “Comparative performance and emission studies when using olive oil as a fuel supplement in DI and IDI diesel engines”, Renewable Energy, Vol. 2, No: 33,1992.

Scholl, K. W., Sepencer, S. C., “Combuction of oil metil ester in DI engine”, SAE Special Publ., 920934, 950, pp. 211-223, Detroit, USA, 1992.

Czerwinski J. “Performance of D.I. Diesel engine with addition of ethanol and rapeseed oil”, SAE 940545, 1994.

Çetinkaya, S., “Ayciçek yağının diesel motoru yakıtı olarak kullanılabilme potansiyeli”, G.Ü. Tek. Eğt. Fak., Doçentlik Tez Takdimi, Ankara, 1994,

Hohl G.H. “Rape oil methyl ester and used cooking oil methyl ester as alternative fuels”, SAE 952755,1995.

Montague X. “Introduction ofrapeseed methyl ester in Diesel fuel—the French National Program”,SAE 962065, 1996.

Choi C.Y. “Effect ofbio-diesel blended fuels and multiple injections on D.I. diesel engines”, SAE 970218, 1997.

Jose M. Desantes, Jean Arregle, Santiago Ruiz, “Characterization ofthe injection—combustion process in a DI Diesel engine running with Rape seed oil methyl ester”, SAE 1999-01-1497, 1999.

Senatore A. “A comparative analysis ofcombust ion process in D. I. diesel engine fueled with Biodiesel and diesel fuel”, SAE 2000-01-0691, 2000.

Altın R., Cetinkaya S. ve Yücesu H. S. “The potential of using vegetable oil fuels as fuel for diesel engines, Energy Conversion and Management, vol. 42, pp.529-538, 2001.

Yücesu H. S., Altın R., Çetinkaya S. “Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Bitkisel Yağ Kullanımının Deneysel İncelenmesi”, TÜBİTAK Turk J. Engineering Environmental Science, vol.25, pp. 39-49, 2001.

Ghormade T.K., Deshpande N.V. “Soyabean oil as an alternative fuels for I. C. Engines”, Proceedings of Recent Trends in Automotive Fuels, Nagpur, India, 2002.

Pangavhane D.R. and Kushare P.B. “Bio-diesel need of India”, Proceedings of Recent Trends in Automotive Fuels, Nagpur, India, 2002.

Agarwal, A., K. “Biofuels (Alcohols And Biodiesel) Applications As Fuels For Internal Combustion Engines”, Progress In Energy And Combustion Science , vol.33, pp.233-271, 2007.

EKLER

Yakıtlara Göre Belirli Vites Durumlarındaki Tekerlek Tahrik Kuvveti Değerleri

	B 0	B2	B5	B10	B20	B100
2. V						
Taşıt Hızı	**Ft**	**Ft**	**Ft**	**Ft**	**Ft**	**Ft**
20	2646,00	2556,00	2520,00	2430,00	2394,00	2394,00
30	3324,00	3480,00	3504,00	3432,00	3276,00	3432,00
35	3425,14	3456,00	3353,14	3384,00	3353,14	3147,43
40	2844,00	2880,00	3042,00	2835,00	2799,00	2844,00
50	1713,60	1893,60	1980,00	1800,00	1699,20	1836,00
60	504,00	552,00	594,00	540,00	402,00	378,00

3. V						
Taşıt Hızı	**Ft**	**Ft**	**Ft**	**Ft**	**Ft**	**Ft**
30	1452,00	1464,00	1620,00	1380,00	1416,00	1488,00
40	2448,00	2331,00	2412,00	2313,00	2349,00	2313,00
50	2073,60	2124,00	2368,80	2102,40	2023,20	2188,80
60	1860,00	1824,00	1902,00	1884,00	1818,00	1782,00
70	1373,14	1373,14	1373,14	1414,29	1357,71	1260,00
80	859,50	1026,00	1012,50	1062,00	832,50	981,00

4. V						
Taşıt Hızı	**Ft**	**Ft**	**Ft**	**Ft**	**Ft**	**Ft**
70	1424,57	1465,71	1465,71	1362,86	1162,29	1280,57
80	1282,50	1372,50	1323,00	1219,50	1062,00	1197,00
90	1148,00	1192,00	1220,00	1164,00	956,00	1096,00
100	871,20	892,80	950,40	910,80	856,80	846,00
110	618,55	690,55	680,73	644,73	530,18	612,00
120	258,00	315,00	321,00	327,00	363,00	249,00

Yakıtlara Göre Belirli Vites Durumlarındaki Yakıt Tüketimi Değerleri

B0							
2.V	**Y.T.**		**3.V**	**Y.T.**		**4.V**	**Y.T.**
20	2,176		**30**	1,876		**70**	3,854
30	4,995		**40**	3,439		**80**	4,997
35	6,141		**50**	4,475		**90**	6,166
40	7,133		**60**	5,706		**100**	7,369
50	8,1		**70**	6,786		**110**	8,212
60	8,52		**80**	7,281		**120**	8,905

B2							
2.V	**Y.T.**		**3.V**	**Y.T.**		**4.V**	**Y.T.**
20	2,523		**30**	2,794		**70**	5,065
30	5,327		**40**	5,132		**80**	6,681
35	6,707		**50**	6,634		**90**	7,953
40	7,81		**60**	7,905		**100**	9,171
50	8,703		**70**	8,913		**110**	10,161
60	9,757		**80**	9,825		**120**	10,962

B5							
2.V	**Y.T.**		**3.V**	**Y.T.**		**4.V**	**Y.T.**
20	2,2		**30**	2,152		**70**	6,155
30	5,571		**40**	5,093		**80**	8,058
35	6,869		**50**	6,779		**90**	10,1
40	8,705		**60**	7,451		**100**	11,08
50	9,246		**70**	8,515		**110**	12,647
60	9,815		**80**	9,049		**120**	13,609

B10							
2.V	**Y.T.**		**3.V**	**Y.T.**		**4.V**	**Y.T.**
20	2,6		**30**	2,526		**70**	6,495
30	5,488		**40**	4,361		**80**	8,626
35	7,052		**50**	6,373		**90**	10,401
40	8,401		**60**	7,115		**100**	12,038
50	9,482		**70**	8,376		**110**	13,173
60	9,45		**80**	9,423		**120**	13,971

B20							
2.V	**Y.T.**		**3.V**	**Y.T.**		**4.V**	**Y.T.**
20	2,47		**30**	2,397		**70**	6,002
30	5,317		**40**	4,191		**80**	7,561
35	6,971		**50**	5,905		**90**	9,838
40	8,1		**60**	7,193		**100**	11,381
50	9,091		**70**	8,281		**110**	12,594
60	9,594		**80**	9,21		**120**	13,852

B100							
2.V	**Y.T.**		**3.V**	**Y.T.**		**4.V**	**Y.T.**
20	2,5		**30**	2,047		**70**	5,154
30	5,336		**40**	3,851		**80**	7,207
35	6,39		**50**	5,128		**90**	8,692
40	7,84		**60**	6,185		**100**	9,957
50	8,524		**70**	6,972		**110**	11,012
60	9,773		**80**	7,543		**120**	11,746